

ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

На правах рукопису

Рибалко Алевтина Володимирівна

УДК 612.014.44+612.172.2

**ВПЛИВ РІЗНИХ РЕЖИМІВ
ОФТАЛЬМОФОТОСТИМУЛЯЦІЇ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ
СТАН СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ**

03.00.13 – фізіологія людини і тварин

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Науковий керівник:

Коваленко Станіслав Олександрович,

доктор біологічних наук, професор

Черкаського національного університету

імені Богдана Хмельницького

Черкаси – 2014

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1. Сучасні уявлення про зоровий аналізатор та оптико-вегетативну систему.....	10
1.2. Фізіологічна дія видимого світла	17
1.3. Особливості регуляції центральної гемодинаміки та її хвильових проявів у людини	20
1.4. Вплив сенсорних подразників на функціональний стан серцево-судинної системи	28
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
2.1. Загальні умови та організація проведення досліджень	37
2.2. Визначення та стандартизація параметрів офтальмофотостимуляції ...	39
2.3. Вимірювання та обчислення показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури	41
2.3.1. Методика реєстрації та аналізу кардіографічних та пневмографічних сигналів.....	41
2.3.2. Обчислення показників центральної гемодинаміки.....	43
2.3.3. Розрахунки показників хвильової структури гемодинамічних показників.....	45
2.4. Статистичний аналіз даних.....	47
РОЗДІЛ 3. ЗМІНИ У СЕРЦЕВО-СУДИННІЙ СИСТЕМІ ЗА РІЗНИХ УМОВ ОФТОЛЬМОФОТОСТИМУЛЯЦІЇ	48
3.1. Зміни показників центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму при короткотривалій зоровій депривації.....	48
3.2. Вплив монохромного світла різної інтенсивності на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму.....	65
3.3. Вплив імпульсного світла на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму	83
3.4. Вплив імпульсної офтальмофотостимуляції на серцево-судинну систему при різних рівнях вихідного вегетативного тонусу	95
3.5. Вплив різних патернів офтальмофотостимуляції на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму.....	107
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	114
ВИСНОВКИ	128
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	130

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АНС – автономна нервова система
- $AT_{сер}$ – середній артеріальний тиск
- ВЕ – витрати енергії на переміщення 1 літра крові
- ВСР – варіабельність серцевого ритму
- ЗПОС – загальний периферичний опір судин
- КНП – кровонаповнення органів грудної клітки
- ОШВ – об'ємна швидкість викиду
- ПТ – показник тонуусу судин
- РПГ – реоплетизмографія
- СІ – серцевий індекс
- СР – серцевий ритм
- ССС – серцево-судинна система
- УІ – ударний індекс
- t-R-R – тривалість кардіоінтервалу
- УОК – ударний об'єм крові
- ХОК – хвилинний об'єм крові
- ЧСС – частота серцевих скорочень
- HF – потужність коливань кардіоінтервалу в діапазоні 0,15-0,4 Гц
- HF_{max} – амплітуда максимуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0,15-0,4 Гц
- HF_{min} – амплітуда мінімуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0,15-0,4 Гц
- HF_{norm} – нормалізована потужність коливань кардіоінтервалу в діапазоні 0,15-0,4 Гц
- HF_{norm}^{sv} – нормалізована потужність коливань ударного об'єму крові у діапазоні 0,15-0,4 Гц
- HF^{sv} – потужність коливань ударного об'єму крові у діапазоні 0,15-0,4 Гц
- LF – потужність коливань інтервалу R-R у діапазоні 0,04-0,15 Гц

LF_{\max} – амплітуда максимуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0,04-0,15 Гц

LF_{\min} – амплітуда мінімуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0,04-0,15 Гц

LF^{sv} – потужність коливань ударного об'єму крові у діапазоні 0,04-0,15 Гц

TP – потужність коливань кардіоінтервалу в діапазоні 0-0,4 Гц

TP^{sv} – потужність коливань ударного об'єму крові у діапазоні 0-0,4 Гц

VLF – потужність коливань кардіоінтервалу в діапазоні 0-0,04 Гц

VLF_{\max} – амплітуда максимуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0-0,04 Гц

VLF_{\min} – амплітуда мінімуму крос-спектральної потужності у діапазоні 0-0,04 Гц

VLF^{sv} – потужність коливань ударного об'єму крові у діапазоні 0-0,04 Гц

ВСТУП

Відомо, що більше 80% сенсорної інформації надходить в організм людини через зоровий аналізатор [129]. Однак імпульсація, яка поширюється зоровими шляхами, активує не тільки проекційні центри зорової кори, а й передається в гіпофіз та гіпоталамус, які відіграють інтегруючу роль у діяльності автономної нервової, ендокринної та інших систем організму [54, 193, 246].

Офтальмофотостимуляція широко використовується в практиці медичного та фізіологічного дослідження, а також у корекції розладів функціонального стану людини [241, 43, 50]. Фізіологічна та терапевтична ефективність офтальмофотостимуляції підтверджена численними дослідженнями [217, 47, 55]. З'ясовано вплив світла різної довжини хвилі та інтенсивності на центральну нервову систему, психофізіологічні функції організму, електричну активність кори головного мозку [34, 27, 39, 184], деякі аспекти використання імпульсного світла в діагностиці та лікуванні патології зорового аналізатора [42, 60, 140]. Останнім часом вивчається вплив світла на нейрогуморальну регуляцію серцево-судинної системи (ССС) [122, 196], проводяться дослідження по вивченню функціонального домінування півкуль головного мозку на регуляцію ритму серця при фотостимуляції [149, 33].

Згідно загальноприйнятих фізіологічних уявлень динаміку функціонального стану організму та ступінь напруженості регуляторних процесів слід оцінювати за параметрами серцево-судинної, центральної та автономної нервової систем як чутливих індикаторів адаптації [228, 195, 214]. Аналіз хвильової структури гемодинамічних показників також може бути застосовано для оцінки як стану автономної нервової системи, так і функціонального стану організму в цілому [224, 254, 236, 238, 244, 393].

Зростання кількості кардіо-васкулярної патології, особливо в молодому віці, потребує пошуку нових методів корекції функціонального стану організму людини та вибору параметрів впливів різних видів сенсорної

стимуляції, дія яких ґрунтується на мобілізації різних адаптаційних і компенсаторних резервів, наявних в серцево-судинній системі та в інших системах організму [182]. Тому актуальним напрямом може стати оптимізація функціонування ССС шляхом немедикаментозної світлової модуляції ритмологічних функцій організму [198, 23, 124, 116].

Втім, на сьогодні в науковій літературі недостатньо висвітленими залишаються питання про вплив світла різної довжини хвилі, інтенсивності та частоти подачі сигналу, в тому числі спеціально організованих патернів, на регуляторні механізми діяльності серця. Вищевикладені положення визначали актуальність дослідження, спрямованого на поглиблене комплексне вивчення впливу офтальмофотостимуляції на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму (ВСР), та слугували передумовами для проведення даного дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертаційна робота виконувалась згідно зведених планів науково-дослідної роботи Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, а також у межах держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України „Індивідуальні особливості реакцій систем організму здорових людей на різноманітні навантаження” (№ держреєстрації 0109U002549).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи було з'ясувати реактивність показників центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму при різних режимах офтальмофотостимуляції.

Для досягнення поставленої мети вирішували такі задачі:

1. Дослідити вплив короткотривалої зорової депривації на центральну гемодинаміку та особливості її хвильових проявів.
2. З'ясувати дію монохромного світла різної довжини хвилі та інтенсивності освітлення на стан серцево-судинної системи.
3. Встановити зміни показників кардіодинаміки та їх хвильової структури при імпульсній офтальмофотостимуляції з різною частотою подачі сигналу в діапазоні частот 8-16 Гц.

4. Проаналізувати особливості реактивності кардіо-васкулярної системи при імпульсній офтальмофотостимуляції за різних рівнів вихідного вегетативного тону.
5. Розробити патерни імпульсної офтальмофотостимуляції та з'ясувати їх вплив на показники центральної гемодинаміки та хвильову структуру серцевого ритму.

Об'єкт дослідження – вплив сенсорних зорових подразнень на функціональний стан організму.

Предмет дослідження – зміни показників центральної та периферичної гемодинаміки та її хвильової структури під впливом різних режимів бінокулярної офтальмофотостимуляції.

Методи дослідження.

При виконанні дисертаційного дослідження ми використовували наступні фізіологічні методи: імпедансну тетраполярну центральну і периферичну реоплетизмографію, артеріальну тонометрію, пневмографію, спектральний та крос-спектральний аналіз часових рядів тривалості кардіоінтервалу й ударного об'єму крові та методи математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше проведено дослідження особливостей реактивності показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури при короткотривалій зоровій депривації. Показано, що при цьому спостерігається одночасна активація обох ланок вегетативної регуляції серцево-судинної системи: поряд зі зменшенням серцевого викиду відбувається зростання загального периферичного опору судин.

Підтверджено більшу ефективність впливів на стан серцево-судинної системи монохромним світлом довжини хвилі 500 нм інтенсивності освітлення 400 люкс як при неперервній його подачі, так і імпульсних стимулах із частотою 12 та 16 Гц.

Вперше показано, що вихідний рівень вегетативного тонусу обумовлює напрямок та інтенсивність змін показників кардіо-васкулярної системи при імпульсній офтальмофотостимуляції з частотою 12 Гц.

Вперше доведено наявність модуляції реактивності змін показників як центральної геодинаміки, так і варіабельності серцевого ритму за допомогою запропонованих нами режимів світлостимуляції білим шумом від 8 до 16 Гц та хвильовими впливами від 8 до 16 Гц 6 разів за хвилину.

Практичне значення одержаних результатів.

Показано, що при проведенні фізіотерапевтичних процедур бажано не застосовувати короткотривалу зорову депривацію перед сеансом офтальмофотостимуляції для попередження можливості виникнення прогностично несприятливих розладів функціонального стану серцево-судинної системи.

Запропоновані патерни офтальмофотостимуляції впроваджені в роботу фізіотерапевтичного відділення Черкаської 1-ї міської поліклініки з метою корекції розладів функціонального стану серцево-судинної системи людини, пов'язаних із порушеннями нервової регуляції функцій кровообігу.

Результати можуть бути використані при підготовці фахівців із медицини, біології, фізичної реабілітації шляхом впровадження матеріалів досліджень у лекційні курси ВНЗ України.

Особистий внесок здобувача. Формування мети та завдань експериментальних досліджень, інтерпретація отриманих результатів та обґрунтування наукових висновків обговорені з науковим керівником професором С.О. Коваленко. Аналіз наукової літератури за проблемою дисертації, як і проведення обстежень, опис та узагальнення результатів та статистична обробка фактичного матеріалу здійснені здобувачем самостійно.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації доповідалися і обговорювалися на XVIII з'їзді Українського фізіологічного товариства (Одеса, 2010); на наукових конференціях: Всеукраїнська наукова конференція „Сучасні питання фізіології та медицини” (Дніпропетровськ,

2007); IV наукова конференція „Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології” (Київ, 2008); IV науково-практична конференція „Індивідуальні психофізіологічні особливості людини і професійна діяльність” (Київ - Черкаси, 2009); V Всеукраїнська наукова конференція „Індивідуальні психофізіологічні особливості людини і професійна діяльність” (Черкаси, 2014); Міжнародна наукова конференція «Механізми функціонування фізіологічних систем». (Львів, 2014); на VI та VIII Міжнародному симпозіумі „Актуальные проблемы биофизической медицины” (Київ, 2009, 2014); на Всеукраїнському науковому симпозіумі „Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій людини в онтогенезі” (Черкаси, 2012).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 20 наукових робіт: 7 – у вигляді статей, серед яких 6 статей у фахових виданнях (1 представлена у БД Scopus), 1 патент України на винахід, 12 – у вигляді тез.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація містить вступ, огляд літератури, опис матеріалів і методів досліджень, результати досліджень та їхнє обговорення, узагальнення, висновки та список використаних джерел з 393 найменувань (247 кирилицею та 146 латиницею). Робота викладена на 174 сторінках (основна частина на 130 сторінках), ілюстрована 27 рисунками й 12 таблицями.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Сучасні уявлення про зоровий аналізатор та оптико-вегетативну систему

Енергія Сонця являється одним із найважливіших стимулів еволюційного процесу, а пристосування до неї – потужний фактор природного відбору. Фоторецептивний апарат тварин історично видозмінювався в залежності від екологічних умов та особливостей нервової системи [192]. Завдяки випереджальному розвитку саме зорових механізмів мозок зазнав різких змін та досяг певної досконалості [248, 77, 114, 142]. Три фактори, принаймні, визначають еволюцію органів зору: фізична природа світла, світлове середовище існування та природний відбір. Межа гостроти зору визначається хвильовою природою світла, абсолютна світлова чутливість – його квантовою природою. Світлове середовище існування зумовлює морфологічні, біохімічні та фізіологічні особливості органів зору тварин та людини [157, 316, 354, 67].

Зорове сприйняття являє собою складний багаторівневий та багатоканальний процес, який починається з проєкції зображення на сітківку ока та збудження фоторецепторів і закінчується в вищих відділах зорової кори головного мозку [54, 12].

У процесі еволюції периферичний відділ зорового аналізатора пройшов шлях від світлочутливих клітин на поверхні тіла безхребетних до складно побудованого органу зору – ока, складність будови якого вплинула на організацію його центральних відділів [67, 286].

Шлях зорового аналізатора починається з рецепторних клітин нервового шару сітківки ока, яку, до речі, ще із часів Галена визначають як висунуту на периферію частину головного мозку – паличкоподібних та колбочкоподібних зорових клітин [12]. Другий нейрон зорового аналізатору розташований в біполярних, а третій – в гангліозних клітинах сітківки, які за своєю морфологічною будовою схожі з нейронами кори головного мозку, як

їх аксони не мають шваннівської оболонки. В сітківці розташовані гангліозні клітини різних типів: ті, що деполяризуються та генерують потенціал дії у відповідь на включення світла (on-нейрони), та ті, котрі гіперполяризуються на світлі та генерують спайки у відповідь на його виключення (off-нейрони) [84, 328]. Аксони гангліозних клітин сітківки у складі зорового нерва «... анатомічно, морфологічно і функціонально є трактом ЦНС» [279].

У ссавців і людини прямі ретино-гіпоталамічні нервові зв'язки – філогенетично найбільш стара частина зорового нерва – представлені аферентними проєкціями особливих гангліозних клітин сітківки в окремі клітинні скупчення та ядра передніх і середніх відділів гіпоталамуса [165, 262]. За даними [22] ці клітини відрізняються більш дрібними розмірами порівняно з основними нейронами зорового аналізатора, відсутністю мієлінової оболонки нервових волокон, меншою швидкістю проведення імпульсів, характерною будовою нервових закінчень і здатністю до нейрокритичності, у зв'язку з чим їх називають вегетативними.

Механізм збудження або фототрансдукції у фоторецепторній клітині забезпечує сприйняття, перетворення та посилення первинного світлового сигналу. В кінцевому результаті це призводить до виникнення в клітині електричного рецепторного потенціалу, який потім через первинний фоторецепторний синапс передається наступним нервовим клітинам сітківки – біполярним та горизонтальним [123].

Відмінності фізіологічних властивостей паличок та колбочок зумовлюють дуалістичну природу зору, скотопічного та фотопічного, описану ще в XIX столітті М. Schultze [84, 294]. Палички, що містять родопсин (520 нм), визначають нічне бачення, функціонують при низькому рівні освітлення, мають невелику просторову та часову роздільну здатність, максимальну чутливість до синьо-зеленої частини спектру та здатність повільної адаптації до темряви. Колбочки, які містять пігменти з максимумом чутливості в червоній, зеленій та синій частинах спектру, визначають

функцію кольорового зору, контрастної чутливості, просторового та часового розрішення, функціонують при денному світлі, характеризуються швидкою фазою адаптації до темряви [391, 312].

В сітківці людини розрізняють три типи колбочок: довгохвильові (червоночутливі або L-колбочки), середньохвильові (зеленочутливі або M-колбочки), короткохвильові (синьочутливі або S-колбочки), в яких пік абсорбції проявляється в різних ділянках спектру (558, 531, 420 нм відповідно) [360, 355, 381, 312]. Окремі дослідники виділяють два короткохвильових типи колбочок із максимумами поглинання 400 та 470 нм [268]. Спектральні налаштування колбочкових пігментів набагато різноманітніші, що забезпечує, зокрема, кольоросприйняття у приматів та людини [344, 357]. Однією із найбільш вагомих змін в еволюційній шкалі часу являється зсув поглинання короткохвильового пігменту з ультрафіолетової в фіолетово-синю ділянку видимого спектру, що здійснюється лише однією амінокислотою заміною в хромофорному центрі [320, 259, 357]. Спектральні налаштування довгохвильових пігментів потребують декількох амінокислотних замін в хромофорному центрі. Таким чином, однією із найважливіших функцій хромофорного центру зорового пігменту являється налаштування його спектральної чутливості, що забезпечує адаптацію фоторецептивних клітин до світлового середовища існування і формування механізму кольоросприйняття [355, 344, 357, 312].

За даними [268] чутливість кожного із зорових пігментів різко знижується на довгохвильовому боці піку, але зменшення чутливості на даній хвилі компенсується включенням сусіднього фоторецептора. Достатньо близькі результати спектральної чутливості були отримані при мікроспектрофотометрії: 549-570 нм; 522-539 нм; 414-424 нм для кожного класу рецепторів [293].

В сітківці людини спостерігається специфічна структура мозаїки фоторецепторів, яка відображає стратегію еволюції нашого зору, спрямовану

на оптимізацію зорового сприйняття в широкому спектрі умов стимуляції [275, 288, 330, 264, 381, 357].

В кольоровому зорі людини механізм червоно-зеленої (RG) детекції має високу чутливість, що дозволяє сприймати червоно-зелені відтінки в самих різних умовах функціонування оптичної системи [373]. McMahon M.J. та Stromeyer C.F. довели, що механізм RG-детекції отримує також слабкий вхід від S-колбочок, який підтримує L-сигнал, але являється оппонентним M-сигналу [329; 375, 324, 283]. Це було підтверджено в експерименті, коли слабкі S-колбочкові мерехтіння полегшували сприйняття та ідентифікацію червоно-зелених мерехтінь. Окрім впливу синіх мерехтінь на детекцію червоно-зеленого, біляпороговий позитивний S-колбочковий спалах полегшує детекцію червоних спалахів та гальмує зелені, а біляпороговий негативний S-колбочковий спалах полегшує детекцію зелених спалахів та інгібує червоні [375].

Нервові сигнали, індуковані оптичними стимулами, надходять із сітківки до кори двома основними каналами: ретино-таламічним та більш давнім – ретино-текто-таламічним [12].

Система еферентних зв'язків основних структур проміжного мозку дає суттєву інформацію для аналізу процесів переробки зорових сигналів та функціональної ролі окремих підкорково-коркових шляхів її передачі. Підкорковий рівень зорової системи складається з декількох паралельних ретинопроекційних шляхів передачі сигналів від сітківки в мозок, кожен з яких має визначені функціональні властивості, що дозволяє відносити їх до так званих першої, другої та третьої зорових систем. Кожен із цих шляхів має багаторівневу організацію послідовно з'єднаних нейронів, які належать або до окремих структур, або до окремих шарів однієї утворення мозку [157, 158].

До первинного комплексу зорової кори в кожній півкулі відносять потиличні цитоархітектонічні поля 17-19 за Бродманом. При цьому поле 17 називають стріарним, а 18-19 пара- або екстрастріарною корою. [84, 390].

У дослідженнях [387, 367] описані коркові нейрони поля 17, які вибірково збуджуються у вузькому діапазоні довжини хвилі з максимумом реакцій в області 450 нм, 506 нм, 577 та 656 нм (у кожній клітині свій максимум). Ці максимуми відповідають положенню в спектрі „основних кольорів” у людини та мавпи. Hubel та Livingston говорять про ускладнення кольорових властивостей нейронів в полях 18-19 як результат того, що інформація, виділена нейронами 17 поля, проходить в них подальшу обробку [298, 390].

В межах кожного ретинопроекційного шляху існує проекційно-топічне устаткування зв'язків. Завдяки цьому поле зору має досить точне ретинопроекційне відображення в нейронному просторі кожної структури проміжного та середнього мозку. Структура ретинотопічної організації чітко представлена в первинних зорових центрах, і кожне з цих полів містить майже повне представництво контралатерального півполя зору [84, 340].

В первинній зоровій корі в обробці інформації беруть участь паралельні канали та системи клітин, котрі утворені аферентами з латерального колінчастого тіла, що визначає послідовність передачі та обробки інформації. Різні канали в корі перетинаються. [347, 390]. Для зорової кори були описані нейрони-детектори, які вибірково відповідають на елементи фігури, контуру – лінії, смуги, кути. Американські вчені Д. Х'юбел і Т. Візель розробили класифікацію нейронів-детекторів зорової кори, селективно чутливих до різної орієнтації ліній і розміру, зв'язавши їх із простими, складними і надскладними рецептивними полями. Нейрони з простими рецептивними полями реагують лише на кольорові смужки або краї визначеної орієнтації. Нейрони із складними рецептивними полями (квадратної або прямокутної форми) реагують лише на рухливі монохроматичні смужки, мають вузьку спектральну чутливість. Нейрони третього типу з надскладними рецептивними полями реагують на рухливі монохроматичні та певним чином орієнтовані краї або смужки, обмежені по довжині з обох боків [298, 278]. У відповідності з ієрархічною схемою Х'юбеля та Візеля нейрони з різними

рецептивними полями утворюють послідовно ускладнюючі етапи аналізу кольорових сигналів у корі, що знаходить відображення в характері розподілу їх по шарах кори [230, 270, 278, 347, 367].

При вивченні взаємовідносин зорової кори з нижчерозташованими структурами мозку велике значення приділяється еферентним кортикофугальним механізмам регуляції функцій сітківки. Будь-який сигнал, що виникає на рівні фоторецепторів, не доправить потрібну інформацію до зорової кори, поки вона не буде опрацьована системою зворотного зв'язку [142, 171]. А.С. Новохатський [142] вважає, що цей шлях, швидше за все, треба розглядати не як еферентні волокна, а як проекційну систему. Прямі та зворотні зв'язки зорового аналізатора з сітківкою він поділяє відповідно на ретиноенцефальну і енцефалоретинальну системи.

Не викликає сумнівів, що зорові подразники мають і загальний вплив на стан організму в цілому. Цілий ряд фізіологічних процесів, які відбуваються в організмі за участю вегетативної системи, пов'язані з тією її частиною, яку Фрей та співавт. називають «оптико-вегетативною системою» [284]. Вони вважають, що нервові імпульси, що виникають внаслідок світлових подразнень, потрапляють в гіпоталамус через гіпоталамічний оптичний пучок – пучок Фрея. Roussy, Mosinger, Dollander, Новахацький заперечують існування ізольованого пучка, на їхню думку, інформація передається дифузно розташованими нервовими волокнами [337, 142], пояснюючи це розпливчастими межами ядер гіпоталамуса [107, 192]. До цих пір існують суперечливі уявлення про розподіл нейронів, які реагують на світлові подразнення в різних ядрах переднього та середнього гіпоталамуса, в тому числі, в окремих клітинних скупченнях [166, 350, 262]. Шамшинова [84] виділяє два основні шляхи передачі інформації від сітківки до центрів вегетативної нервової системи та гіпофізу. Перший шлях, більш короткий, представлений волокнами, що прямують від хіазми до супраоптичного ядра, розташованого в передній стінці III мозкового шлуночка, зв'язаного із гіпоталамусом і через нього з гіпофізом. Інший шлях прямує безпосередньо

від сітківки до гіпоталамусу та гіпофізу, де розташовані центри вегетативної нервової системи.

Оптико-вегетативна система – найбільш стародавній відділ ЦНС. Топографія основних структур оптико-вегетативної системи забезпечує можливість прямого впливу на ЦНС і має найкоротший нервовий шлях, що зв'язує центральний нейрорегуляторний апарат ВНС (ядра гіпоталамусу) із навколишнім середовищем [165, 322, 192, 193].

На думку [192, 193], основне морфо-функціональне навантаження впливу світла на вегетативну нервову систему несе задній гіпоталамічний корінець або хіазмальний дорсальний корінець ретино-гіпоталамічного шляху [107, 262]. Можливість безпосередньої передачі такого подразнення опосередковано можна підтвердити наявністю в корінці, оптичному та інших ядрах гіпоталамусу безм'якушевих волокон, які контактують із розташованими навколо зорового поглиблення фоторецепторами періорбітальної ділянки сітківки [362], різким зростанням активності супрахіазматичних ядер при фотостимуляції [192, 193]. Дослідження дегенеруючих нервових волокон після однобічної енуклеації ока у кішки також свідчить про наявність прямих ретино-гіпоталамічних трактів із локалізацією кінцевих розгалужень в ядрах передньої гіпоталамічної ділянки [262].

У дослідженнях [315] було показано, що у сліпих пацієнтів із ліпофусциновою дегенерацією сітківки при опроміненні очей яскравим (3000 лк) світлом можливо регулювати нейроендокринну функцію, зокрема, пригнічувати синтез мелатоніну навіть більшою мірою, ніж у здорових досліджуваних.

Анатомічна організація деяких нейронів та їх розгалужень дозволяє конвергувати аферентні сигнали різної модальності (зорові, слухові, вестибулярні, соматичні) з інтеграцією на одному нейроні, що дає можливість на невеликій ділянці мозку здійснювати регуляцію різних функцій, причому обмеженою кількістю залучених нейронів [240, 142, 39].

Також слід відмітити, що філогенез ретино-гіпоталамічних зв'язків у хребетних, аж до людини, відрізняється стійкістю та навіть незначним (у порівнянні із більш молодими структурами головного мозку) еволюційним прогресом, вони не втрачають свого значення на відміну ольфакторно-вегетативних зв'язків [107]. У зоровому нерві сконцентровані найбільш потужні нервові волокна (їх кількість більша, ніж усіх задніх корінців спинного мозку), протяжність шляху від рецепторів до таламуса мінімальна, тому нервові імпульси миттєво потрапляють туди, певним чином блокуючи аферентні сигнали від інших сенсорних систем [22].

Існуючі тісні зв'язки гіпоталамуса з таламусом, лобовими, тім'яними та потиличною долями мозку, ретикулярною формацією, стовбуром мозку в цілому, сегментарними вегетативними структурами [26, 188], а також двосторонні нейрогуморальні взаємовідносини із гіпофізом дозволяють оптико-вегетативній системі з мінімальними енергетичними витратами регулювати фізіологічні процеси організму, адаптувати його до мінливих умов зовнішнього середовища, контролювати нейрогуморальний статус [240, 39].

1.2. Фізіологічна дія видимого світла

Світло являється природним подразником для зорової сенсорної системи та розглядається як один із найважливіших факторів еволюційного процесу, який разом із іншими фізичними та хімічними факторами сприяв виникненню та формуванню живих систем [230]. Зі змінами фізичних характеристик світла може змінюватися і функціональний стан людини [168, 43].

Лікувальні властивості світла відомі з глибокої давнини. Хромотерапію застосовували ще в Стародавньому Китаї, Індії та Єгипті. Ще Піфагор проводив лікування хворих фотостимуляцією, створюваною обертанням із різною швидкістю колеса зі спицями, розташованим між вогнищем та

пацієнтом. Перша клініка хромотерапії була відкрита в США наприкінці XIX століття [57, 50].

Різні частоти оптичного діапазону електромагнітних променів неоднаково впливають на ЦНС, психологічний та емоційний стан людини. Емпірично встановлено, що червоне світло збільшує дратівливість людини, синьо-голубі відтінки заспокоюють, зелені – мають тонізуючий вплив на регуляторні механізми організму [43, 69]. За даними [117] при стимуляції червоним кольором відбувається підвищення рівня норадреналіну, при впливі синім кольором – серотоніну. При лікуванні сезонних депресій найбільш позитивний ефект спостерігається при використанні яскравого сонячного освітлення та жовто-помаранчевих відтінків [338, 269, 346]. Зелене світло успішно використовують при лікуванні гемолітичної хвороби новонароджених у разі реус-конфлікту [208, 217].

На думку Измайлова Ч.А. [69, 68], способи нейронного кодування кольору мало відрізняються від способу кодування інших ознак об'єкта, внаслідок чого результати досліджень нейронних механізмів кодування в зоровому аналізаторі мають вельми суттєве значення для розуміння механізмів функціонування інших аналізаторних систем.

У сучасних методах світло- і кольоротерапії [43] використовуються рефлекторні, вегетотропні, психофізіологічні, нейроендокринні, гуморальні, біоенергетичні (клітинне дихання, фосфорилювання), імунні, трофічні та пластичні, фотодинамічні (за участю фотосенсибілізаторів і протекторів), а також хронобіологічні ефекти оптичного випромінювання [181, 57, 55].

Науково обґрунтовано концепції, які пояснюють механізми впливу кольороімпульсної терапії [48, 40, 41, 55, 46].

Психофізіологічна – пов'язана із трьохкомпонентною теорією відчуття кольору Юнга-Гельмгольца [22, 43, 121], згідно з якою відчуття різних кольорів і відтінків, їх психофізіологічний вплив на людину визначаються ступенем подразнення кожного з трьох типів колбочок (червоно-, синьо-і зеленочутливих), що призводить до виникнення нервового імпульсу.

Імпульси, параметри яких змінюються в часі плавно, або з позитивним чи негативним прискоренням, здатні змінювати стан осіб, різних за типом і динамікою вищої нервової діяльності [242, 118].

Квантова – ґрунтується на корпускулярній природі світла, згідно якої кожен фотон має певну кількість енергії залежно від частоти коливань. Зокрема, фотони синього кольору мають більшу енергію, ніж фотони червоного кольору [181, 43].

Біорезонансна – базується на хвильовій природі світла. Лікувальна дія світла на організм людини обумовлена впливом біорезонансоподібних механізмів, коли при імпульсній офтальмофотостимуляції нав'язуванням ритмів, близьких до генетично оптимальних частот, через зоровий сенсорний канал можна витіснити із загальної хвильової структури мозку патологічні спектри. Хвильова структура центральної нервової системи налаштовується на ті спектральні особливості нав'язаного ритму, які є оптимальними для конкретного організму [213, 215, 182, 146]. При виконанні умов резонансу відбувається більш інтенсивна передача енергії електромагнітного випромінювання до атомів та молекул біологічних об'єктів [16]. Бусурін та ін. досліджували топографічно та топометрично визначені зони очного дна, вплив на які стабільними світловими стимулами із визначеною резонансною просторово-часовою організацією викликає реакцію відповідної функціональної системи [22].

Теорія асоціативного кольоросприйняття передбачає, що певні кольорові відчуття або кольорові асоціації можуть впливати на психоемоційний стан людини [69, 34, 114]. Індивідуальні розбіжності в ефективності впливу ритмічної фотостимуляції з використанням світла різних світлових відтінків пов'язують із деякими аспектами когнітивного стилю досліджуваних. Так виявлено, що ефекти фотостимуляції червоним світлом у людей із перевагою абстрактного стилю мислення більше виражені, ніж у досліджуваних з перевагою образного стилю. Для зеленого і синього світлових тонів така закономірність була відсутня [121].

Теорія конкуренції полів зору пояснює ефективність кольороімпульсної терапії нормалізацією біоритмів зорового аналізатора, десинхронізація яких часто спостерігається при патології зорової системи, неврозах, захворюваннях внутрішніх органів [223]. Феномен бінокулярного суперництва (людина бачить то правими, то лівими половинами сітківки) свідчить про ритмічну організацію роботи зорового аналізатора, а точніше про ритмічну періодичність зорового сприйняття, обумовлену збудливо-гальмівними процесами в зоровому аналізаторі на рівні кори головного мозку [168].

Біоритмотерапевтична концепція пов'язує ефективність кольороімпульсної терапії з нормалізацією біоритмів організму: день-ніч, циклічність фаз сну, ритмічність синтезу гормонів [276, 361].

Останнім часом активно досліджують властивості різних кольорів поляризованого світла. На думку Шерклифф [239] поляризація світла є третім найважливішим біотропним показником після амплітуди та частоти електромагнітних хвиль. З теоретичної точки зору неполяризоване світло повинно здійснювати ширший спектр рефлекторних впливів [38, 180, 39]. Поляризоване ж світло, хвилі якого упорядковані, односпрямовані та коливаються в рівнобіжних площинах, буде мати більш високу проникаючу здатність в тканини та викликати більш специфічні прямі фотоефекти завдяки тому, що молекулярні акцептори (білки, нуклеїнові кислоти, ферменти) мають оптично активні центри [46].

1.3. Особливості регуляції центральної гемодинаміки та її хвильових проявів у людини

На думку [96, 229], організм – це функціонуюча в часі біологічна система, головною ознакою якої є досконалість управління, тобто стан системної нейрогуморальної функції, на чому свого часу наголошував А. А. Ухтомський [209]. Виходячи із цього, здоров'я – поняття

функціональне, а, відповідно, хвильове, коливальне. У визначенні сутності здоров'я як стану організму важливою характеристикою стає здатність складноорганізованої живої системи, якою організм і являється, адаптуватися до мінливих умов життєдіяльності.

Біоритм – механізм, що дозволяє оптимально адаптуватися, більш ефективно функціонувати в ритмічно мінливому світі, підлаштовуючи внутрішні процеси в організмі до періодичних змін зовнішнього середовища [109, 202]. На думку [199], підбудова біоритмів людини до зміни природних датчиків часу здійснюється за законом резонансу, до штучних антропогенних впливів – за законами інтерференції і квантування.

Серцевий ритм здавна служить надійним індикатором відхилень у системній регуляції вітальних функцій, а тому дослідження варіабельності серцевого ритму має важливе прогностичне і діагностичне значення [133, 374, 224, 253]. Функціонально система регуляції кровообігу являє собою багатоконтурну ієрархічно організовану систему, в якій домінуюча роль окремих ланок визначається поточними потребами організму. Згідно сучасних уявлень розрізняють чотири основних рівня регуляції [339, 300, 30, 96]:

- на рівні кори великих півкуль головного мозку, де відбувається обробка всієї інформації, що надходить ззовні по відомим сенсорним каналам,

- на рівні гіпоталамо-гіпофізарної системи, де обробляється інформація, що надходить зсередини по каналам автономної нервової і гуморальної регуляції,

- на рівні стовбурових вегетативних центрів, де обробляється інформація, котра надходить по каналах симпатичної і парасимпатичної систем,

- периферичний або органний рівень регуляції, де регуляторні алгоритми реалізуються автономно, і це відбувається до того часу, поки не

виникає необхідність включення більш високо розташованих рівнів управління.

Серце являє собою потужно інервований орган, основна функція якого – забезпечення системної гемодинаміки і життєдіяльності всіх органів та систем [273]. Першим рівнем системи регуляції роботи серця можна вважати механізм внутрішньосерцевого регулювання, де виділяють наступні фактори: міогенні, міжклітинні, впливи інтракардіальної нервової системи та гуморальні чинники, що синтезуються у самому серці [144, 280, 383]. Відповідно, вплив на формування картини ВСР має не тільки тонус автономної нервової системи та гуморальні фактори (зовнішньосерцевий механізм регулювання), а й стан міокарду та провідної системи серця [178, 247, 274]. На думку Покровського В.М., внутрішньосерцевий генератор є життєзабезпечуючим фактором, який підтримує насосну функцію серця тоді, коли центральна нервова система перебуває в стані глибокого гальмування, центральний — забезпечує адаптивні реакції серця в природних умовах. Можливість серця відтворювати центральний ритм ґрунтується на специфічності електрофізіологічних процесів у внутрішньосерцевому пейсмері [159, 160].

Міогенна регуляція серцевої діяльності відбувається двома способами [231]: гетерометричним, за рахунок змін довжини волокон міокарду (закон Франка-Старлінга) та гомеометричним, що реалізується при скороченні волокон міокарду в ізометричному режимі. Міжклітинна регуляція тривалості кардіоінтервалу відбувається шляхом зміщенням локалізації „провідного пейсмерного місця” – функціональної групи клітин синусового вузла, де на даний момент найвища частота збудження, та підпорядкування інших клітин синусового вузла [260, 320, 267]. Джерело потенціалу дії у синусовому вузлі не є постійним, а змінюється в залежності від дії зовнішніх чи внутрішніх чинників (втома, зміни стану вегетативної нервової системи, введення біологічно активних речовин (адреналін, ацетилхолін), серцевих глікозидів, зміни температури [307, 325, 255]. При

гальмуванні пейсмеркерної активності у провідному пейсмеркерному місці його функції бере на себе інша ділянка синусного вузла, при цьому змінюється і тривалість кардіоінтервалу [260]. За даними [256] на зміщення провідного пейсмеркера у людини вказує зміна переднього фронту хвилі потенціалу дії при фізичному навантаженні, синусовій аритмії, парасимпатичній стимуляції та іноді у стані спокою.

Внутрішньосерцева нервова система – це автономний нервовий апарат, здатний здійснювати повний контроль над діяльністю серця [144]. Інтракардіальні нейрони (рухові, чутливі і вставні) можуть розташовуватися поодиноці або групуватися в ганглії, що містять від кількох до 45000 нейронів [6, 383]. Кількість гангліїв становить близько 1500 тільки в субепікардіальному сплетінні людини [348]. Контакти між ними слугують субстратом внутрішньосерцевих нейронних контурів і рефлекторних дуг [6]. На одних і тих же нейронах можуть закінчуватися парасимпатичні та симпатичні волокна, а також аксони інших інтракардіальних нейронів [348, 372].

Було показано, що до складу внутрішньосерцевої нервової системи входять не тільки холінергічні нейрони. Найбільш досліджено так звані SIF-клітини (малих інтенсивно флюоресцюючих) [282], які містять переважно дофамін, але можуть містити норадреналін, адреналін або серотонін [295, 296], пептиди [356] чи гістамін [285, 295]. У людини при кардіохірургічних операціях виявлено спонтанно активні внутрішньосерцеві нейрони, ритм яких лише іноді відповідає дихальному або серцевому. На внутрішньосерцевих нейронах є входи від механо- та хеморецепторів окремих ділянок серця, а також від екстракардіальних нервів [251, 299].

Інтракардіальні гуморальні фактори, які мають вплив на серцевий ритм, діючи, зокрема, через синусовий вузол, утворюються метасимпатичною нервовою системою, клітинами ендотелію, а також кардіоміоцитами (синоатріальними міоцитами) [143, 144, 159]. Ендотелій коронарної мікроциркуляторної мережі може локально виділяти пептиди,

регулюючи частоту серцевих скорочень прямою дією [250, 365]. Синусовий вузол інервується чутливими нейронами, що містять різні нейропептиди (кальцитонін-ген-пов'язаний пептид, субстанція Р), а також інтракардіальними нейронами з вмістом нейротензину [143, 320, 297].

Згідно традиційних уявлень [231, 77], екстракардіальна нервова регуляція серця здійснюється симпатичними і парасимпатичними (блускаючими) нервами, перші з яких визначають позитивні хронотропний, батмотропний, дромотропний і інотропний ефекти, а другі – мають аналогічні гальмівні ефекти. При цьому вважається, що кожен симпатичний або парасимпатичний ефект носить однорідний тонічний характер, але час наростання і спадання парасимпатичних ефектів приблизно в 5-10 разів коротше таких при симпатичних реакціях [226, 238]. Закладка холінергічної іннервації серця під час внутрішньоутробного розвитку відбувається пізніше, тому у новонароджених завжди домінує симпатична нервова система. Дозрівання парасимпатичного відділу відбувається протягом досить тривалого часу після народження, – аж до настання статевої зрілості [210].

Симпато-парасимпатична взаємодія нервових впливів носить реципрокний антагоністичний характер, тобто рефлекторне збільшення парасимпатичного тону супроводжується узгодженим зниженням симпатичного тону і навпаки. Індикатором нервових впливів на серце є ВСР [231, 77, 111, 254]. Показано, що зниження ВСР свідчить про порушення вегетативного контролю серцевої діяльності. Найбільш високі показники ВСР реєструються у здорових осіб молодого віку, спортсменів, проміжні – у хворих з різними органічними захворюваннями серця, в тому числі зі шлуночковими порушеннями ритму, найнижчі – у осіб, які перенесли епізоди фібриляції шлуночків [378].

Вегетативна іннервація різних відділів серця неоднорідна та несиметрична. Зокрема, у вузловій тканині переважають ефекти парасимпатичної нервової системи, а в міокарді шлуночків – ефекти симпатичного відділу [308]. В нормі регуляція ритму серця знаходиться під

домінуючим впливом парасимпатичного відділу АНС, збільшення тонуусу якого значно зменшує схильність міокарда нормальних та ішемізованих шлуночків до розвитку фібриляції [336, 272]. Симпатична ж нервова система включається в регуляцію в надзвичайних ситуаціях, при стресі та значних фізичних навантаженнях [386, 321].

Холінергічне управління ритмом серця є швидким, точним та дискретним, що дає можливість регулювати тривалість окремих кардіоциклів, а адренергічне – більш повільне та генералізоване – діє протягом декількох кардіоциклів. При стимуляції симпатичних нервів латентний період хронотропної реакції становить 1-3 секунди, стійкий рівень їх досягається через 30-60 секунд з моменту початку стимуляції [115, 263]. Після припинення стимуляції хронотропний ефект зникає поступово [115]. Латентний період хронотропної реакції при вагусній стимуляції складає 200 мс, постійний рівень ЧСС досягається через декілька кардіоциклів, а при припиненні впливу швидше (у порівнянні з симпатичними нервами) повертається до початкового рівня, що пояснюється наявністю великої кількості ацетілхолінестерази у синусовому вузлі [308, 323]. Переважання парасимпатичних впливів над симпатичними може бути пояснено двома незалежними механізмами: холінергічно індукованим зниженням вивільнення норадреналіну у відповідь на симпатичну стимуляцію та холінергічним пригніченням відповіді на адренергічний стимул [132].

На спинальному рівні регуляція серцевого ритму представлена симпатичною складовою. У пацієнтів із тетраплегією внаслідок ураження шийного відділу спинного мозку симпатичні нервові волокна, що прямують до синусового вузла, інтактні, а симпатичні нейрони позбавлені впливу супраспинальних структур. При цьому присутність низькочастотного компонента в спектрі ВСР пояснюють його формуванням за рахунок барорефлекторного механізму і впливів блукаючого нерва, що не вимагають активації симпатичних нейронів спинного мозку вищерозташованими структурами [310, 301, 385].

На надсегментарному рівні вегетативної регуляції відсутні морфофункціональні особливості, характерні для АНС, і неможливо виділити специфічні вегетативні центри. Гіпоталамус забезпечує координацію вегетативних, поведінкових, емоційних реакцій [30]. Активність ядер передньої групи гіпоталамуса призводить до реакцій організму, спрямованих на відновлення і збереження резервів організму; ці так звані трофотропні функції реалізуються за рахунок переважної діяльності парасимпатичної нервової системи, тобто системи ацетилхоліну, а також гістаміну і серотоніну. Діяльність ядер задньої групи забезпечує ерготропні функції, котрі визначаються рівнем катехоламінів та їх попередників і реалізуються симпатичною частиною АНС [238, 231].

Кора головного мозку є вищим регуляторним центром інтегративної діяльності. Забезпечення функцій АНС на цьому рівні узгоджується з теорією функціональної міжпівкульної асиметрії [219, 155]. Підкреслюється переважно правопівкульне забезпечення вегетативної регуляції ритму серця [30, 225], хоча до цих пір дане питання залишається недостатньо вивченими.

Кожен рівень регуляції СР характеризується певною періодикою генеруючих коливань: чим вище рівень управління, тим довший період і нижче частота [56]. Згідно класичної інтерпретації, частотний спектр, отриманий при аналізі коротких записів (2–5 хвилин) показників центральної гемодинаміки, розбитий на 3 діапазони: дуже низькочастотний (VLF) з межами від 0 до 0,04 Гц, низькочастотний (LF) - від 0,04 до 0,15 Гц і високочастотний (HF) – від 0,15 до 0,4 Гц [378, 326, 369, 393].

Оскільки HF та обидва низькочастотні діапазони зникають після денервації серця, зокрема, вони відсутні у пацієнтів із трансплантованим серцем та у собак при фармакологічній блокаді вагусних впливів, то нейрогенна природа коливань варіабельності серцевого ритму не викликає сумнівів. Картина відсутності як дихальних, так і повільнохвильових коливань характерна для плодів аненцефалів, співпадає зі смертю мозку.

Відповідно, першопричиною коливань ритму серця є ритмічні наростання та спадання вегетативної активності [226, 178, 238, 236].

Високочастотна складова спектра ВСР пов'язана, на думку багатьох авторів, з активністю ядра блукаючого нерва і його впливами на синусовий вузол [11, 378, 10, 249, 326]. Крім того, розглядають можливий центральний механізм формування високочастотних коливань в результаті прямої взаємодії дихального і судинного центрів (дихальна синусова аритмія), а також барорефлекторного механізму за рахунок коливань артеріального тиску [380, 327, 304, 388].

До теперішнього часу існують певні розбіжності в питанні походження низькочастотної складової серцевого ритму. Раніше її пов'язували зі змінами тону симпатичної нервової системи. Надалі більшість авторів підтвердили зв'язок низькочастотних коливань з барорецепторною функцією регуляції АТ [345, 102, 334], яка здійснюється за участю як парасимпатичної (аферентна ланка барорефлекса, еферентні волокна блукаючого нерва), так і симпатичної (кардіоакселераторні постгангліонарні волокна) вегетативної іннервації. На думку [366, 265, 266], генералізована симпатична активність задається спеціалізованим осцилятором, розташованим у нейрональній мережі стовбура мозку, який в основному і визначає коливання інтенсивності потоку імпульсів симпатичних судинорухових нейронів із періодом в 10 с. Ці коливання по симпатичним еферентним нервовим волокнам передаються до серця і судин, викликаючи активацію кардіальних метасимпатичних структур, що здійснюють базову іннервацію органу. Опосередковано існування центрального механізму формування низькочастотних хвиль у ритмі серця підтверджується дослідженням Кулі зі співавторами [271], які виявили незалежність ВСР від варіабельності АТ у хворих із серцевою недостатністю, яким було імплантовано пристрій допоміжного кровообігу.

Існує також гіпотеза, що 0,1-герцовий ритм є наслідком ритмічності міогенних реакцій артеріол, які за барорефлекторним механізмом змінюють ЧСС [303]. Тобто, можна вважати, що низькочастотні хвилі ВСР

відображають сумарний ефект вегетативної регуляції ритму серця, в якому приймають участь всі три механізми (барорефлекторний, центральний і міогенний) [238].

Формування хвильових коливань в діапазоні дуже низьких частот може бути обумовлено впливом надсегментарних відділів автономної нервової системи, ендокринних або гуморальних факторів на синусовий вузол, а також опосередковано метасимпатичною нервовою системою серця. На думку Р.М. Баєвського, основний (навколонульовий) пік даного діапазону пов'язаний із активністю надсегментарних ерготропних, зокрема, гіпоталамічних центрів вегетативної регуляції, які генерують повільні ритми, що передаються до серця через симпатичну нервову систему [11]. Показано, що в спектрі ВСР присутні дуже низькочастотні ритми, обумовлені секрецією реніну [249], а також пов'язані з коливаннями в крові рівня адреналіну, норадреналіну і 17-ОКС [306]. Іншою групою авторів [249, 135] визнається зв'язок дуже низькочастотних хвильових коливань з ритмами терморегуляції, що задаються гіпоталамусом.

Дуже низькочастотна складова мінімальна у спектрі у здорових людей і грубо порушується при органічних (пухлини, інсульт, паркінсонізм) ураженнях правої півкулі, котра відповідає за вегетативну регуляцію [30, 225]. В дослідженнях [59, 371] доведено, що патологія гормонпродукуючих органів супроводжувалася збільшенням спектральної потужності VLF.

1.4. Вплив сенсорних подразників на функціональний стан серцево-судинної системи

Сучасні уявлення про стан здоров'я в значній мірі базуються на теорії загального адаптаційного синдрому, згідно якої реакція організму на будь-який вплив супроводжується, в першу чергу, мобілізацією функціональних резервів [2, 11]. У відповідності до існуючих уявлень, провідну роль у процесах адаптації вищих організмів до мінливих умов середовища

відіграють сенсорні системи і ті нейрофізіологічні процеси, котрі забезпечують постійний аналіз зовнішніх стимулів, що впливають на них [216, 167]. Зміни кардіо-респіраторного гомеостазу являються лімітуючим фактором пристосувальних можливостей організму. Згідно загальноприйнятих фізіологічних уявлень динаміку функціонального стану організму та ступінь напруженості регуляторних процесів слід оцінювати за параметрами серцево-судинної, центральної та автономної нервової систем як чутливих індикаторів адаптації [228].

Останнім часом зростає цікавість до нового розділу медицини – інформаційної медицини, предметом вивчення якої виступає здорова людина, у якої під впливом життєвих обставин порушуються інформаційні відносини як всередині окремих функціональних систем, так і міжсистемні зв'язки в цілому організмі, котрі достатньо чутливі до різноманітних впливів і першими порушуються в екстремальних ситуаціях, зокрема емоційних стресах [17]. Вкрай важливо не допустити переходу інформаційної стадії емоційної напруги в психосоматичну патологію, зокрема, нейроциркуляторну дистонію, котра розвивається внаслідок перевантаження психоемоційної сфери сучасної людини. К.В. Судаков [194, 195, 221] вважає, що на ранніх стадіях функціональних розладів, викликаних емоційною перенапругою, в основі змін організму лежить неспецифічний інформаційний синдром дезорієнтації різних функціональних систем. Для відновлення порушених функцій необхідно введення додаткового контуру саморегуляції, який допоможе організму усунути чи компенсувати наявні ушкодження. В якості такого додаткового контуру саморегуляції можуть виступати різноманітні реабілітаційні впливи, котрі нормалізують порушені мультипараметричні взаємовідносини функціональних систем гомеостатичного рівня [1, 61, 221].

Можливості медикаментозної терапії в даних випадках вельми обмежені внаслідок її спрямованості на пригнічення конкретних хворобливих симптомів, побічних ефектів та феномену звикання, а ті

немедикаментозні засоби терапії, що зараз використовуються у практиці, не завжди ефективні. Тому актуальною задачею являється створення сучасних ефективних технологій нелікарського впливу, які можуть забезпечити профілактику та своєчасну корекцію функціональних порушень в організмі людини [198, 23, 25, 125, 116, 37].

За даними А.Т.Бикова та Т.Н.Маляренко міжсенсорні взаємодії в значній мірі визначають функціональний стан організму [25, 124, 131]. Останнім часом спостерігається підвищений інтерес до вивчення ефектів впливу різноманітних сенсорних подразнень на функціональний стан організму. На думку А.В.Латанова [114] саме рівень розвитку сенсорних систем у тварин визначає складність поведінкових механізмів, що відіграють провідну роль в адаптивній сигнальній діяльності при ускладненні умов зовнішнього середовища.

Центральна нервова система функціонує як єдиний злагоджений механізм, завдяки чому досягається те, що реакція організму у відповідь на різні подразнення має характер цілісних інтегрованих актів поведінки [48, 167, 189, 98], у кожному з яких можна виділити три основні компоненти: сенсорний, моторний та вегетативний [96].

З метою оптимізації функціонального стану організму людини в умовах психоемоційного напруження використовуються різні види стимуляційних впливів: музика [125, 126, 23], аромотерапія [1, 24, 134, 233], теплоповітряні [219] та світлові впливи, а також їх одночасне поєднання у різних сполученнях [198, 39, 131].

Ефекти змін функціонального стану за рахунок ритмічної світлової та звукової стимуляції відомі ще з давнини. Так, численні ритуали в архаїчних культурах супроводжувались, як правило, ритмічними сигналами (барабанний бій, плескання в долоні, ритмізований спів) та світловими мерехтіннями, які викликалися свічками, факелами, багаттям чи рухами людей навкруги вогнища, що викликають у спостерігача ефект „ритмізації” світла. Нейрофізіологічні дослідження підтвердили, що біохімічні зміни при

ритмічній світловій стимуляції мозку співставні з ефектами транскраніальної електричної стимуляції. Так, в дослідженнях Shealy C. N. було з'ясовано, що як транскраніальна електростимуляція, так і фотостимуляція достовірно збільшують рівень ендорфінів, серотоніну, норепінефрину та дофаміну, тобто, гормонів, котрі викликають розслаблюючий, заспокоюючий та знеболюючий ефекти [368, 179]. Thomas та Siever в своїх роботах показали, що 15-ти хвилинні сеанси світлозвукової стимуляції на частоті альфа-ритму викликають стан вираженої релаксації, котрий триває і після завершення сеансів стимуляції. Седативний та релаксуючий ефекти аудіовізуальних впливів в ряді випадків були настільки виражені, що висловлювалися ідеї щодо використання їх для знеболення замість традиційного наркозу [252, 370].

Е.К. Айдаркінім було досліджено механізми впливу одорантів на ефективність зорового та слухового сприйняття [3], їх взаємодії [4]. Відомі ефекти впливу ароматичних речовин для покращення пам'яті, концентрації уваги, емоційного стану людини [8]. Активація запахами нюхової сенсорної системи сприяє підвищенню активності зорової сенсорної системи внаслідок посилення міжсенсорної взаємодії [124].

Зміни вегетативних показників [3] та вікові особливості вестибуло-ольфакторних взаємозв'язків з точки зору забезпечення вегетативної регуляції проаналізовано в роботах Е.Н. Мініної [131]. Досліджено певні аспекти впливу одорантів на функціональний стан системи регуляції серцево-судинної діяльності [124, 126, 131, 37]. Исаева И. В та співавт. [73] встановили, що довготривалий вплив нюхового сенсорного припливу у вигляді запахів рослинного походження призводить до позитивних змін в регуляції СР, знижує її напруженість та врівноважує активність симпатичних та парасимпатичних механізмів, розширює резервні можливості серця. Встановлено залежність реакції СР від вихідного стану АНС: в осіб, в яких у вихідному стані превалювали церебральні ерготропні механізми регуляції СР [225], вплив нюхового сенсорного припливу сприяв вірогідному

послабленню центральних механізмів та активізації тонуру парасимпатичного відділу АНС і, відповідно, зменшенню напруженості регуляції СР.

Численними дослідженнями встановлено зв'язок між музикою, емоціями та функціональним станом організму [243, 141]. Позитивні емоції, котрі викликаються музичними сенсорними припливами, мають активуючий вплив на біоелектричну активність головного мозку [126, 141], кардіоваскулярні функції, вегетативний тонус [25, 137, 125]. Короткотривале прослуховування класичної музики сприяє гармонізації СР [125, 95].

Пролонгована активація слухової сенсорної системи (класична музика) за даними І.А.Кириллової мала корегуючий вплив на циркадний ритм вегетативного тонуру, що проявлялося посиленням симпатичних впливів на серцевий ритм вдень, а парасимпатичних – вночі, а також підвищувала прояви добового ритму активності ерготропних та трофотропних систем із наступною нормалізацією циркадного профілю ритму серця [79, 302]. Інші дослідники виявили залежність типу реакції СР від вихідного стану вегетативного балансу, стійкість позитивних зрушень регуляції СР при пролонгованих сенсорних слухових впливах, які зберігалися ще протягом тижня [126, 302, 79, 349]. У дослідженнях Дімітрієва Д.А., Lee G. S показано, що дія білого шуму на слуховий аналізатор призвела до значних змін активності стовбурових центрів, регулюючих роботу кардіоваскулярного та дихального центрів, що проявилось в зрушенні вегетативного балансу в бік посилення симпатичного контуру АНС та стало причиною підвищення ЧСС і зниження ВСР, в тому числі дихальної синусової аритмії [319, 49].

Сухолозова та співавт. вважають, що як моносенсорні, так і полісенсорні впливи призводять до виражених змін функціонального стану обстежуваних, сприяють змінам рівня активності регуляторних механізмів, підвищенню симпатикотонії під впливом більшої частини сенсорних подразнень, що відображає певне напруження центральних механізмів регуляції [198]. Полімодальні ритмічні сенсорні впливи за результатами

досліджень Глазачева О.С. являються засобом підвищення ефективності інтелектуальної діяльності людини, оскільки сприяють посиленню концентрації уваги в більшій мірі у випадках, коли спостерігається зростання парасимпатичної активності в регуляції функцій [39].

Загальний лікувальний ефект при проведенні сеансів лікування світлом визначається комплексним впливом даних факторів та сумарним ефектом реакцій-відповідей на них органів та систем організму, внаслідок чого хромотерапію можна одночасно вважати і фізіотерапевтичним, і рефлексотерапевтичним, і психотерапевтичним засобом. Саме цим можна пояснити достатньо широкий діапазон виявлених різними дослідниками терапевтичних ефектів: антидепресивний, седативний, снодійливий, міорелаксуючий, психостимулюючий, а також зниження втоми, покращення працездатності, нормалізація артеріального тиску [40, 41].

Встановлено, що кольорові подразники викликають зміни тону АНС і, навпаки, зміна тону АНС впливає на кольоровий зір [69, 188, 121]. Сприйняття синіх і зелених відтінків кольору сприяє активізації парасимпатичної нервової системи і загальній релаксації організму. Вплив червоними і жовтими тонами призводить до переважної активації симпатичної нервової системи [122, 196].

Ритмічні коливання самого різного походження широко використовуються при вивченні механізмів реактивності мозку на сенсорну стимуляцію, а також у медицині при діагностиці різних станів ЦНС, оцінці психофармакологічних препаратів та функціонального стану організму, його спрямованої корекції [98, 65, 47, 216, 187]. Так, Ухтомський ще в 1940 році вказував, що для найбільш ефективного впливу на нервову систему «требуется знать диапазон доступных к усвоению ритмов действия в ней» та, що «ключ к доминированию создается через тактично подобранный и настойчиво выдержанный ритм влияний» [209].

Г.Уолтер з'ясував, що при ритмічній фотостимуляції у досліджуваних виникали різноманітні зорові уявлення, які він розглядав у контексті гіпотези

про скануючу роль а-ритму у сприйнятті інформації [205]. В.А. Часов та Е.Д. Бельський [15] показали залежність уявлень від частоти стимуляцій, виявили особливості реакції здорових людей в стані втоми та запропонували даний метод для оцінки функціонального стану ЦНС (метод «кольорогеометричної ритмоскопії»). Загальновідомо використання ритмічної фотостимуляції для вивчення резонансних властивостей коркових нейронних мереж [78, 215, 318, 382, 112].

В дослідженнях [168, 170] встановлено, що найбільш ефективним методом кольоростимуляції є використання візуальних сигналів визначеного кольору з керованим ритмом їх подачі. Імпульсний характер впливу дозволяє посилити стимулюючий ефект в розвитку процесів гальмування або збудження в залежності від ритму [207]. Процес імпульсної фотостимуляції супроводжується засвоєнням ритму в півкулях головного мозку і, відповідно, змінами його хвильової активності: зелені стимули з частотою 8-13 Гц сприяють наростанню активності альфа-ритмів (стан релаксації), імпульси червоного кольору з частотою 14-26 Гц збільшують бета-активність (стан активації) [168, 206]. Розроблено та впроваджено в практику апарати нового покоління [242, 105], які дозволяють впливати не тільки світлом певного кольору та ритмом його подачі, але і підібрати суворо індивідуальну програму для кожного пацієнта.

Накопичено значний досвід використання жовто-зеленого та червоного імпульсного світла для лікування атрофії зорового нерву, дистрофій сітківки різного генезу, глаукоми [76, 42, 169, 171]. В 1991 році А.М.Солдатова експериментально довела, що при впливі імпульсного світла довжини хвилі 550 нм в сітківці відбувається активація білкового обміну та гліколізу, внаслідок чого світлостимуляція посилює компенсаторно-відновні механізми, послаблюючи розвиток патологічного процесу та не ушкоджуючи фоторецепторні та гангліозні клітини [190].

Підтверджено позитивний вплив імпульсної фотостимуляції на адаптивні можливості спортсменів високої кваліфікації в період інтенсивних

тренувань, що проявляється в антистресовому ефекті в психоемоційній, аналізаторно-пізнавальній та координаторній сферах [97, 154].

В літературі відомі численні факти про позитивні ефекти застосування світлостимуляції в загальносоматичній практиці при лікуванні ішемічної хвороби серця, гіпертонічної хвороби [40, 119], бронхіальної астми [191], гінекологічної патології [119], в офтальмології [140, 60], в неврології при лікуванні важких черепно-мозкових травм [81], різних форм енцефалопатії, в тому числі дисциркуляторної, пацієнтів з вертеброгенною патологією [40, 204, 119, 184], в психіатрії при лікуванні неврозів різної етіології [332, 118, 27], психовегетативного синдрому, неврозоподібних станів, зумовлених органічною патологією та психічними травмами [20, 61, 113, 112, 103, 50]. Дослідження Вякіної І.А. та Поверенної І.Є вказують на ефективне використання кольороімпульсної візуальної терапії в лікуванні гіперактивності із дефіцитом уваги у дітей [34].

В даний час у зв'язку із розвитком комп'ютерної техніки розробка апаратів для візуальної стимуляції світлом вступає в принципово новий етап розробки програмно-апаратних засобів кольоротерапії. Комп'ютерна техніка дозволяє моделювати будь-які кольори, їх яскравість, насиченість, послідовність переходів, частоту змінюваності, поєднувати колірний вплив із сюжетним (семантичним), моделювати графічний ряд різними параметрами, у тому числі і психофізіологічними, за допомогою зворотного зв'язку [168, 196, 182, 121, 105].

* * *

Таким чином, за результатами аналізу літературних джерел по темі дисертаційної роботи було з'ясовано, що останнім часом спостерігається підвищений інтерес до вивчення ефектів впливу різноманітних сенсорних подразнень, у тому числі світлових, на функціональний стан організму. Напруженість регуляторних механізмів організму, які відображаються в змінах тонусу автономної нервової системи, зокрема, у змінах показників

центральної гемодинаміки та їх хвильової структури, може слугувати прогностичним критерієм про зміни в регуляторних механізмах та ризиків розвитку патології в майбутньому. Тому актуальними та доцільними вважаються подальші дослідження механізмів дії світла різної довжини хвилі, рівня освітленості та частоти подачі сигналу з метою корекції розладів функціонального стану людини.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальні умови та організація проведення досліджень

У процесі виконання дисертаційної роботи вивчали особливості функціонування серцево-судинної та дихальної систем за умов спокою лежачи та при офтальмофотостимуляції світлом різної довжини хвилі та частоти подачі сигналу.

Вимірювання проведені на 134 особах віком від 17 до 27 років з 2006 по 2012 рік з дотриманням вимог основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1994-2008 рр.), а також наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. План проведення та організація вимірювань схвалені комісією по біоетичній експертизі Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького (Протокол № 3 від 25.09.14 р.). Всі особи добровільно брали участь у дослідженнях, за результатами медичного обстеження були практично здоровими. Перед виконанням завдань обстежувані інформувались про мету та задачі вимірювань, послідовність та зміст тестових навантажень та давали письмову згоду на проведення вимірювань та наукове використання їх результатів.

За добу до проведення досліджень обстежувані не приймали алкогольних напоїв, збуджуючих чи заспокійливих засобів, не мали значних емоційних та фізичних навантажень. Вимірювання здійснювали з 8-ї до 11-ї години ранку в одному і тому ж приміщенні, віддаленому від учбових аудиторій при фоновому рівні штучного освітлення 100 лк. Температура повітря підтримувалась на рівні 20-22°C.

Процедура вимірювань була стандартною. Протягом 5-10 хвилин проводили інструктаж, на тіло обстежуваного встановлювали електроди та датчики. Далі він відпочивав, лежачи на кушетці 10-15 хвилин із відкритими

очима. Після цього здійснювали 5-хвилинні записи сигналів диференціальної реоплетизмографії та пневмографії.

Дослідження показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури здійснювали у декілька етапів, які поділялись хронологічно та за змістом вирішуваних задач.

На першому етапі дослідження вимірювали показники центральної гемодинаміки, ВСР та зовнішнього дихання у стані спокою та під час короткотривалої зорової депривації (21 особа). Зорову депривацію створювали шляхом накладання на верхню частину обличчя стрічки із світлонепроникної тканини. Запис сигналів проводили з 5-ї по 10-ту хвилини даного впливу та з 5-ї по 10-ту хвилини після його припинення. Враховуючи зауваження про можливість виникнення рефлекса Ашнера (підвищення артеріального тиску при надавлюванні на очне яблуко) при накладанні стрічки, провели серію дослідів, де короткотривалу зорову депривацію створювали за допомогою окулярів із світлонепроникного матеріалу (15 осіб). Відмінностей змін показників центральної гемодинаміки, ВСР та зовнішнього дихання за різних способів створення сенсорного впливу не було виявлено.

На другому етапі досліджували вплив монохромного світла різної довжини хвилі та інтенсивності подачі сигналу. Офтальмостимуляцію здійснювали протягом 10 хвилин бінокулярно світлом зеленого кольору (довжина хвилі 500 нм) (15 осіб) та червоного кольору (620 нм) (11 осіб) різного рівня освітленості (100 лк, 200 лк, 400 лк) з 5-ти хвилинними інтервалами між сеансами за допомогою програми Lightmaker (а/с України №16134) [94].

На третьому етапі досліджували вплив імпульсної фотостимуляції на стан серцево-судинної та дихальної систем. Офтальмостимуляцію здійснювали протягом 10 хвилин бінокулярно для кожної частоти подачі сигналу – 8, 12 і 16 Гц (48 осіб) із 5-хвилинними перервами. Середня довжина хвилі світла складала 500 нм, рівень освітленості 400 лк, тривалість

світлового імпульсу - 5 мс. На четвертому етапі досліджували вплив різних патернів імпульсної офтальмофотостимуляції світлом довжини хвилі 500 нм інтенсивності освітлення 400 люкс протягом 10 хвилин бінокулярно при двох різних режимах із 5-хвилинними перервами (24 особи). Перший режим – шум у діапазоні 8-16 Гц, другий – хвильові зміни (0,1 Гц, 6 разів за хвилину) подачі сигналу від 8 до 16 Гц.

2.2. Визначення та стандартизація параметрів офтальмофотостимуляції

Бінокулярну офтальмофотостимуляцію здійснювали світлодіодами, розташованими перед зіницями очей у світлонепроникних окулярах, за допомогою програми “Lightmaker” (Авторське свідоцтво України №16134) [94] та приставки, розробленої нами (рис. 2.1). Програма призначена для подачі стимулів різної тривалості на паралельний порт комп’ютера та на дисплей. Написана на “PASCAL” – мові, що розповсюджується вільно та працює в оперативній системі MS DOS. Програма дає наступні можливості:

- генерація стимулів різної тривалості (неперервних та частотних) та частоти;
- генерація стимулів із файлів з записаною їх послідовністю, часовими параметрами;
- генерація стимулів різної тривалості, частоти з різною затримкою у відповідь на сигнал, що надходить ззовні на паралельний порт комп’ютера;
- генерація стимулів зі зміною їх частоти з часом (використовується для визначення критичної частоти світлових миготінь);
- вивід сигналів на паралельний порт комп’ютера та на монітор.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд приставки для офтальмофотостимуляції

Інтенсивність світлового потоку при офтальмофотостимуляції (як і рівень освітленості у лабораторії) визначали та калібрували на приставці за допомогою люксметра Ю 116 з фотодатчиком Ф55С (Ломо, СРСР). Для стандартизації стимулів, що надходили з світлодіодів, реєстрували їх послідовності з фотодатчика Ф55С через АЦП ADC 1280 (Holit Data Systems, Київ, Україна) з обробкою у програмі «Bioscan» [93]. З'ясовано, що реальні частотні параметри стимулів відповідали заявленим з точністю до ± 1 мс.

Визначення довжини хвиль фотодіодів проводили на спектрофотометрі СФ-26 (ЛОМО, СРСР). Для цього у вхідному вікні монохроматора розміщували світлодіод. При малому розкритті щілини монохроматора відшукували довжину хвилі максимуму світності. Корегували підсилення приладу таким чином, щоб при цьому він показував 100 одиниць на шкалі. Для 1-го світлодіоду цей показник склав 498 нм, а для 2-го – 621,5 нм. Далі проводили вимірювання інтенсивності світлового потоку у діапазоні видимого світла з кроком 10 нм. На рис. 2.2 показані отримані значення світлового потоку для двох світлодіодів.

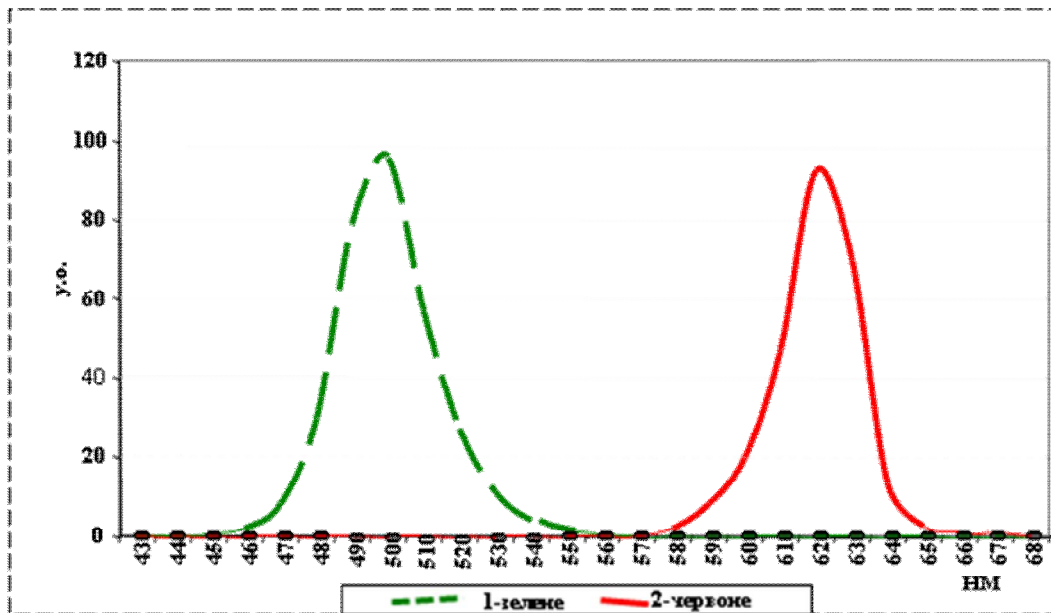


Рис. 2.2. Смуги випромінювання світлодіодів

Таким чином, для першого світлодіода у діапазоні 480-520 нм випромінюється 91,3% світлового потоку, а для другого – 94,3% у діапазоні 600-640 нм. Отже, це джерела світла відповідно зеленого та червоного кольорів.

2.3. Вимірювання та обчислення показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури

2.3.1. Методика реєстрації та аналізу кардіографічних та пневмографічних сигналів

Для дослідження діяльності кардіо-васкулярної та дихальної систем використовували такі методики: тетраполярна імпедансна центральна та периферична реоплетизмографія, артеріальна тонометрія, пневмографія.

Методику імпедансної реоплетизмографії застосовували для розрахунку серцевого викиду [66] та показників, що пов'язані з ним, відносного рівня кровонаповнення органів грудної клітки (КНП), фазового аналізу систоли серця.

Сигнали диференціальної реоплетизмограми та базового опору отримували від біопідсилювача РА-5-01 (Київський науково-дослідний інститут радіовиміральної апаратури). Пружинні електроди для зняття

реограми встановлювали стандартно [66] на шию та нижню частину грудної клітки, стрічкові, вкриті струмопровідною пастою — на праве передпліччя. Частота зондуючого сигналу реографу становила 70 кГц для каналу реєстрації грудної реограми, 120 Гц – для периферичної.

Сигнал пневмограми реєстрували від п'єзоелектричного датчика, розташованого перед ніздрями носа обстежуваного (патент України №51480) [152].

Сигнали цифрували через 12-розрядний АЦП ADC-1280 з вхідним діапазоном ± 5 В (Holit Data Systems, Київ, Україна) та частою дискретизації 860 с^{-1} . Для аналізу сигналів, постановки критичних точок, експорту їх в електронні таблиці, використовували програму “Bioscan” [93, 85, 91]. На рис. 2.3 представлений фрагмент записів сигналів центральної та периферичної реограми.

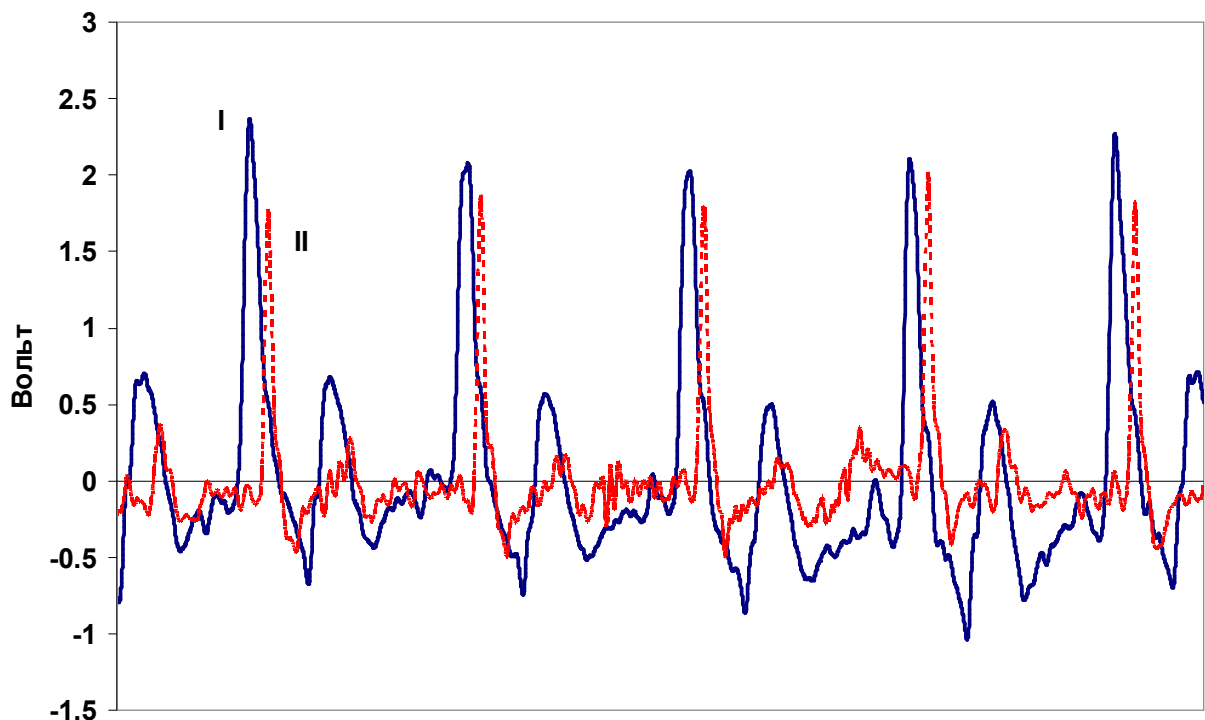


Рис. 2.3. Фрагмент запису сигналів центральної (I) та периферичної (II) реограм

Артеріальний тиск вимірювали аускультативним методом Короткова тонометром BP AG1-10 (Microlife AG, Switzerland).

2.3.2. Обчислення показників центральної гемодинаміки

Ударний об'єм крові (УОК) розраховували за показниками диференціальної РПГ за формулою W.G. Kubicek [314]:

$$УОК = p * \frac{L^2}{Z^2} * Аdif * Tвигн \quad (2.1), \text{ де}$$

p - питомий опір крові (135 Ом/см);

L – відстань між вимірювальними електродами (см);

Z – базисний імпеданс (Ом);

$Аdif$ – амплітуда диференціальної РПГ (Ом/с);

$Tвигн$ - період вигнання крові (с).

Базисний імпеданс визначали за значенням на шкалі реографа, амплітуду диференціальної реограми – за вольтажем найвищого піку реограми грудної клітки (рис.2.3), період вигнання крові за загальноприйнятими підходами [91]. Обрахунки УОК здійснювали для кожного кардіоциклу за допомогою макросів у електронних таблицях Excel-2003 впродовж всього періоду запису (250–900 реалізацій), знаходили його середнє значення.

Для розрахунку величини хвилинного об'єму (ХОК) крові користувались формулою:

$$ХОК = УОК * ЧСС \quad (2.2)$$

Серцевий індекс (СІ) знаходили як відношення ХОК до площі поверхні тіла (Π_T), яку розраховували за формулою Дю Буа:

$$\Pi_T = V^{0,423} * P^{0,725} * 0,007184 \quad (2.3), \text{ де}$$

Π_T – площа поверхні тіла (m^2);

V – маса тіла (кг);

P – довжина тіла (см);

0,007184 – постійний емпірично знайдений коефіцієнт.

Середній артеріальний тиск визначали за формулою Хікема [71]:

$$АТ_{сер} = АТ_{діаст} + (АТ_{сист} - АТ_{діаст})/3 \quad (2.4), \text{ де}$$

$АТ_{діаст}$ – діастолічний артеріальний тиск;

$АТ_{сист}$ – систолічний артеріальний тиск.

Для розрахунку загального периферичного опору судин використовували формулу Пуазейля з урахуванням змін у відповідності до судинної системи:

$$\text{ЗПОС} = \text{АТ}_{\text{сер}} \cdot 1333 \cdot 60 / \text{ХОК} \text{ дін} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}^{-5} \quad (2.5), \text{ де}$$

$\text{АТ}_{\text{сер}}$ - середній артеріальний тиск;

1333 – множник для переведення отриманого результату в мм рт. ст. у діни;

60 - число секунд у хвилині;

ХОК - хвилинний об'єм крові.

Відносне кровонаповнення органів грудної клітки (КНП) розраховувати за формулою, запропонованою Н.Р.Палеевим, І.М.Каєвіцером [148], - як відношення квадрата відстані між струмовими електродами РПГ до базового опору.

$$\text{КНП} = \frac{L^2}{Z} \quad (2.6), \text{ де}$$

КНП – рівень кровонаповнення органів грудної клітки,

L – відстань між електродами току (см),

Z – рівень базового імпедансу (Ом).

Доведено, що загальний електричний імпеданс органів тіла в нормі визначається в основному рівнем їхнього кровонаповнення [151], а рівень кровонаповнення органів грудної клітки обумовлюється переважно кількістю крові, яка знаходиться у легенях [231].

Час розповсюдження пульсової хвилі оцінювали як час між найвищими піками центральної та периферичної реограм.

Об'ємну швидкість викиду (ОШВ) розраховували за формулою:

$$\text{ОШВ} = \text{УОК} / \text{Твигн} \quad (2.7), \text{ де}$$

УОК – ударний об'єм крові (мл),

Твигн – час фази вигнання.

Потужність скорочення лівого шлуночка (Пслш) – за формулою:

$$\text{Пслш} = \text{ОШВ} \cdot \text{АТ}_{\text{сер}} \cdot 1,36 \cdot 9,8 \cdot 106 \quad (2.8), \text{ де}$$

13,6 — відносна вага ртуті – множник для переводу тиску у мм рт.ст.,
 9,8•10⁶ – множник для вираження потужності у ватах.

Витрати енергії на переміщення 1 літра крові (BE) розраховували за формулою:

$$BE = P_{слш} \cdot T_{вигн} / XOK \quad (2.9).$$

Крім цього, тону́с судин оцінювали по запропонованому нами показнику тону́су (ПТ), як нормалізованому відношенню амплітуди найвищого піку периферичної до амплітуди найвищого піку центральної диференційної реограми.

Реактивність показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури (у %) розраховували як добуток 100 на результат поділу рівня показника при впливі на вихідний рівень мінус 100.

2.3.3. Розрахунки показників хвильової структури гемодинамічних показників

Обробку часових рядів гемодинамічних показників здійснювали у програмі “Caspico” (А.с. України №11262) [88].

У цій програмі вибирали ділянку запису для аналізу, проводили ручну корекцію артефактних значень [378].

В даній роботі нами були використані методи спектрального та крос-спектрального аналізу. Спектральний та крос-спектральний аналіз здійснювали за допомогою періодограмного методу зі згладжуванням вікном Daniel та корекцією часових параметрів елементів періодограми в залежності від середнього значення частоти серцевих скорочень за алгоритмами програми “Statistica for Windows 5.0” (Statsoft Inc, Tulsa, USA) [21]. При цьому в спектрі розрізняли наступні компоненти:

HF (0,15-0,4 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні високих частот, що відображає рівень дихальної синусової аритмії та парасимпатичні впливи на серцевий ритм;

LF (0,04-0,15 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні низьких частот (вазомоторні хвилі або повільні хвилі 1-го порядку);

VLF (0-0,04 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні дуже низьких частот (повільні хвилі 2-го порядку).

Загальну потужність спектру (TP) оцінювали за сумою значень VLF, LF та HF. Окрім цього, на спектрограмі визначали частоту найбільших за амплітудою піків у діапазоні низьких (tLF) та високих (tHF) частот.

Також спектральний аналіз включав визначення потужності високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HF_{norm}), що відображає відносний внесок коливань серцевого ритму високої частоти у загальну спектральну потужність без урахування потужності коливань дуже низької частоти. Розраховували за формулою: $HF_{norm} = (HF/(HF+LF))*100\%$.

Також визначали подібні показники і для УОК, коливання якого також є відображенням функціонального стану серцево-судинної системи [86].

Для серцевого ритму здорової людини характерна суттєва хаотичність і не завжди такий поділ на три діапазони відображає реальний стан вегетативного тону [133], тому для визначення індивідуальних характеристик спектру бажано оцінювати його за декількома реалізаціями. Для цього будували медіанні спектрограми, що здійснювали наступним способом [87]. Індивідуальні спектрограми розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц, в яких визначали потужність спектру. Будували за індивідуальними даними таблицю, визначали медіану потужності спектру в кожному з вікон. За визначеними медіанами будували графік. Оцінку центральної тенденції вибірок здійснювали за медіаною, тому що розподіл показників не був нормальним.

Крос-спектральну потужність коливань t-R-R та УОК визначали крос-періодограмним методом. Побудовані графіки після корекції меж її елементів у відповідності до середньої тривалості кардіоінтервалу розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц. На них визначали амплітуду та частоту найбільшого та найменшого піку у діапазоні дуже низьких частот (VLF_{min} ,

VLF_{max}, tVLF_{min}, tVLF_{max}), низьких частот (LF_{min}, LF_{max}, tLF_{min}, tLF_{max}), високих частот (HF_{min}, HF_{max}, tHF_{min}, tHF_{max}) [90]. Для виявлення хвильової структури зв'язку часових рядів УОК та t-R-R застосовували побудову медіанних крос-періодограм [87].

Для визначення коливань тону судин застосовували наступний спосіб. Синхронно реєстрували диференціальні реограми грудної клітки та передпліччя впродовж періоду часу від 5 до 10 хвилин. Для кожного серцевого циклу визначали амплітуди максимумів центральної та периферичної реограми та знаходили їх нормалізоване відношення [153]. Проводили спектральний аналіз із визначенням потужності коливань у стандартних частотних діапазонах за динамічним часовим рядом отриманих показників.

2.4. Статистичний аналіз даних

При статистичній обробці досліджуваного матеріалу проводили:

1. Перевірку нормальності розподілу досліджуваних вибірок.
2. Описові статистики досліджуваних вибірок.
3. Оцінку значущості різниць між вибірками.
4. Методи аналізу часових рядів.

Внаслідок того, що більшість показників була розподілена ненормально [147], розраховували їхню медіану, межі верхнього та нижнього квантилів. Вірогідність різниць визначали за критерієм парних порівнянь Wilcoxon чи групових порівнянь Mann-Whitney. Розрахунки зазначених показників, а також графічне представлення результатів аналізу проводили в електронних таблицях Excel-2003, програмах “Caspico” та Statistica for Windows-5.0 [92, 21].

РОЗДІЛ 3. ЗМІНИ У СЕРЦЕВО-СУДИННІЙ СИСТЕМІ ЗА РІЗНИХ УМОВ ОФТОЛЬМОФОТОСТИМУЛЯЦІЇ

3.1. Зміни показників центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму при короткотривалій зоровій депривації

Повне або часткове виключення одного чи декількох аналізаторів порушує механізми, які забезпечують нормальне функціонування мозку [193]. Більшість праць присвячено вивченню впливу зорової депривації на різні рівні психічної організації людини [108, 9, 186, 75]. В роботах Кофана І.Н. в рамках дослідження взаємозв'язку зорового та вестибулярного аналізаторів досліджено механізми та шляхи впливу зорової депривації на організацію довільних рухів [104].

Більше уваги дослідники присвячують наслідкам повного або часткового обмеження зорової афференціації на ранніх етапах розвитку дитини [185]. Чурилова Т. М вважає, що обмеження зорового сенсорного притоку до мозку дитини на ранніх етапах онтогенезу, навіть досить короткотривале, призводить до змін в системах мозку, що контролюють увагу та визначають об'єм і характер інформації, яка потрапляє до мозку [237]. Парамей О.В. вказує, що обмеження зорового досвіду у дітей раннього віку є небезпечним внаслідок зниження не тільки зорових функцій, а й рівня психомоторного розвитку [150].

Иомдина Е.Н. та співавт. методом депривації створили експериментальну модель міопії в основі якої лежить індукція гіперметропічного дефокуса [72]. Використовується даний метод в лікуванні амбліопії та косоокості різної етіології [183, 227, 136].

В науковій літературі недостатньо висвітлені питання впливу зорової депривації на стан серцево-судинної системи та варіабельності серцевого ритму. Тому задачею даного підрозділу було проаналізувати зміни центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму в різні періоди короткотривалої зорової депривації.

Індивідуальні значення показників хвильової структури серцевого ритму у досліджуваній групі молодих здорових людей достатньо суттєво відрізнялись, що вже було видно при візуальній оцінці ритмограм як у стані спокою, так і при зоровій депривації. Для кожної людини структура кардіоритму достатньо індивідуальна та відображає в організмі особливості співвідношення регулюючих впливів.

На рис.3.1 представлена динаміка змін усередненої тривалості кардіоінтервалу упродовж десятихвилинної зорової депривації, де представлено хвилі різної періодики (високої, низької та дуже низької частоти). Можна визначити два періоди: з першої по п'яту та з п'ятої по десяту хвилину зорової депривації, в яких представлені хвилі різної амплітуди та довжини. Тобто, можна говорити про наявність певного перехідного стану упродовж перших п'яти хвилин впливу.

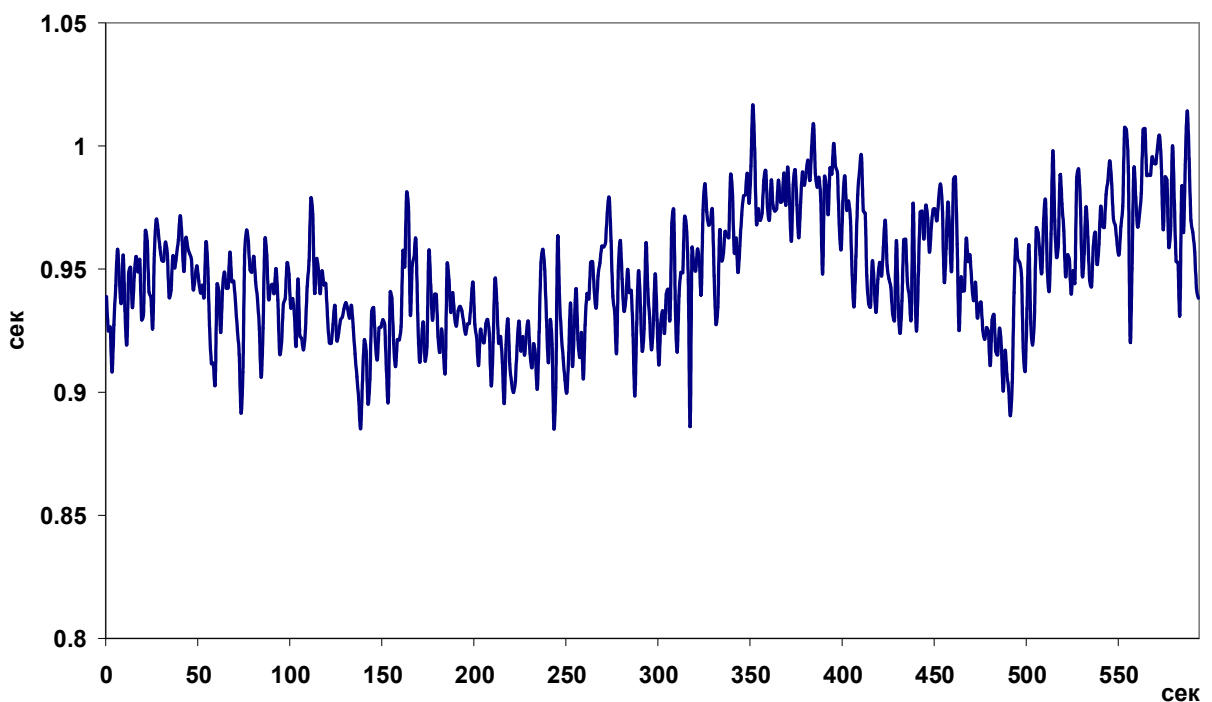


Рис. 3.1. Динаміка змін усередненої тривалості інтервалу R-R упродовж зорової депривації у групі досліджених (N=35)

Аналогічні зміни простежуються і при візуальному аналізі змін усередненого ударного об'єму крові (рис. 3.2) – хвилі меншої амплітуди упродовж перших 270 сек депривації підтверджують наявність перехідного стану. Тому в подальшому зміни показників центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму ми будемо аналізувати окремо з першої по п'яту та з п'ятої по десяти хвилину зорової депривації.

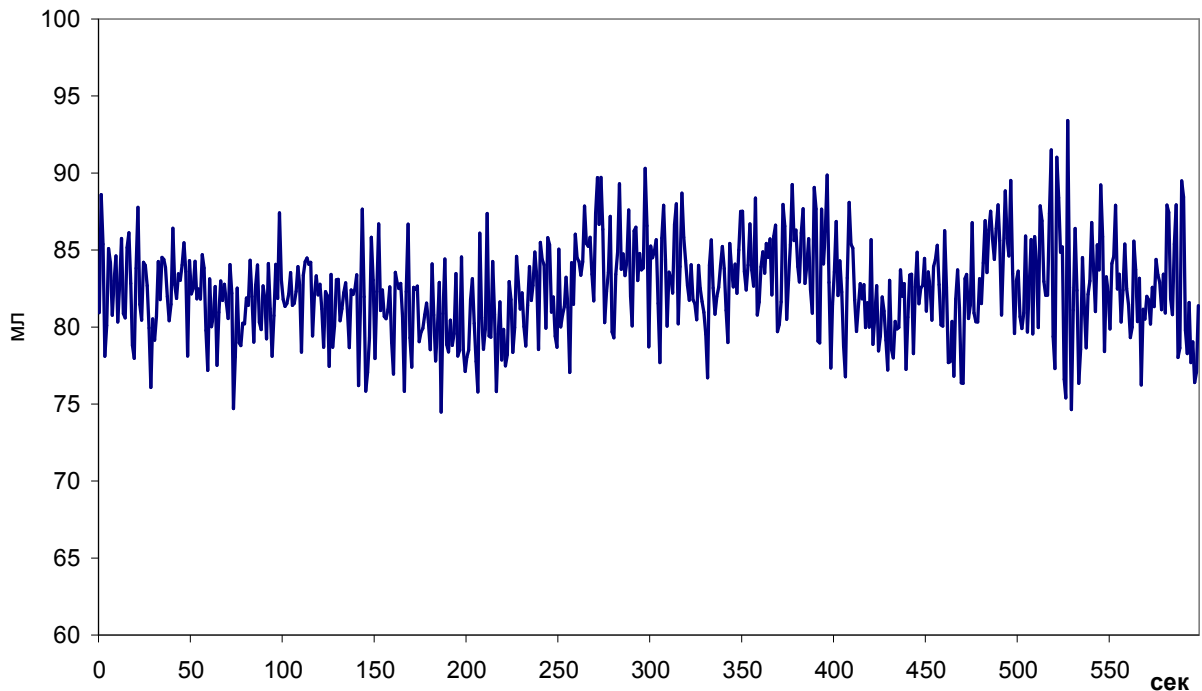


Рис. 3.2. Динаміка змін усередненого ударного об'єму крові упродовж зорової депривації у групі досліджених (N=35)

В таблиці 3.1 представлені зміни показників центральної гемодинаміки у спокої, при зоровій депривації та після поновлення нормального рівня освітленості. При короткотривалій зоровій депривації у порівнянні зі станом спокою значущо зростає тривалість інтервалу R-R, відносно кровонаповнення органів грудної клітки, знижуються ударний та серцевий індекси, що може свідчити про зменшення активації діяльності серця внаслідок посилення вагусних та пригнічення симпатичних впливів. Однак, разом з тим збільшується загальний периферичний опір, що вказує на одночасну активацію симпатичної ланки вегетативної нервової системи.

Після поновлення рівня нормальної освітленості спостерігається подальше достовірне зменшення ударного та серцевого індексів, зростання тривалості інтервалу R-R, загального периферичного опору судин та відносного кровонаповнення органів грудної клітки. Статистично значимо збільшується середній артеріальний тиск при відсутності сенсорного зорового подразника, але після поновлення світлового подразнення повертається до фонових значень. Показник тонузу (ПТ), який відображає відношення тонузу периферичних та центральних судин, свідчить про переважання периферичних впливів під час зорової депривації 110 [99; 129] у.о. та після поновлення нормального рівня освітленості 118 [99; 139] у.о. у порівнянні зі станом спокою 95 [92; 110] у.о..

Таблиця 3.1

Показники гемодинаміки у спокої та у різні періоди зорової депривації (n=35)

Показники	Спокій	Депривація	Відновлення
t-R-R, мс	896 [836,5; 983,5]	903** [865,5; 1010]	915* [850; 1001]
УІ, мл/м ²	42,6 [34,8; 50,6]	42,3** [33,6; 51,2]	42,2** [35,1; 48,9]
СІ, мл/хв·м ²	2898 [2141; 3193]	2693** [2027;3039]	2712** [2131; 3116]
АТсер, мм рт. ст.	86,7 [83,3; 90,0]	90,0* [83,3; 93,3]	86,7 [83,3; 94,6]
ЗПОС, дін/сек·см ⁻⁵	1312 [1159; 1719]	1446*** [1126; 1824]	1508** [1197; 1799]
КНП, у.о.	25,88 [22,00; 29,77]	26,18*** [22,00; 29,85]	26,18*** [21,90; 29,64]

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

Після поновлення рівня нормального освітлення зміни показників центральної гемодинаміки були аналогічними зі станом зорової депривації. Разом із тим, відмічається суттєва варіативність реакцій за різних умов освітлення. Реактивність всіх аналізованих показників була більшою з 5-ї по 10-ту хвилини впливу як у стані зорової депривації, так і після поновлення освітленості. Суттєво зростала реактивність тривалості інтервалу R-R 2,9 [1,6; 4,5] % та середнього артеріального тиску 3,8 [-2,9; 7,4] % з 5-ї по 10-ту хвилини зорової депривації у порівнянні із відновленням світлового подразнення відповідно 1,7 [-2,5; 4,1] % та 1,9 [-2,0; 6,3] %. Реактивність серцевого та ударного об'ємів крові, кровонаповнення органів грудної клітки та загального периферичного опору судин була вищою після поновлення нормального рівня освітленості.

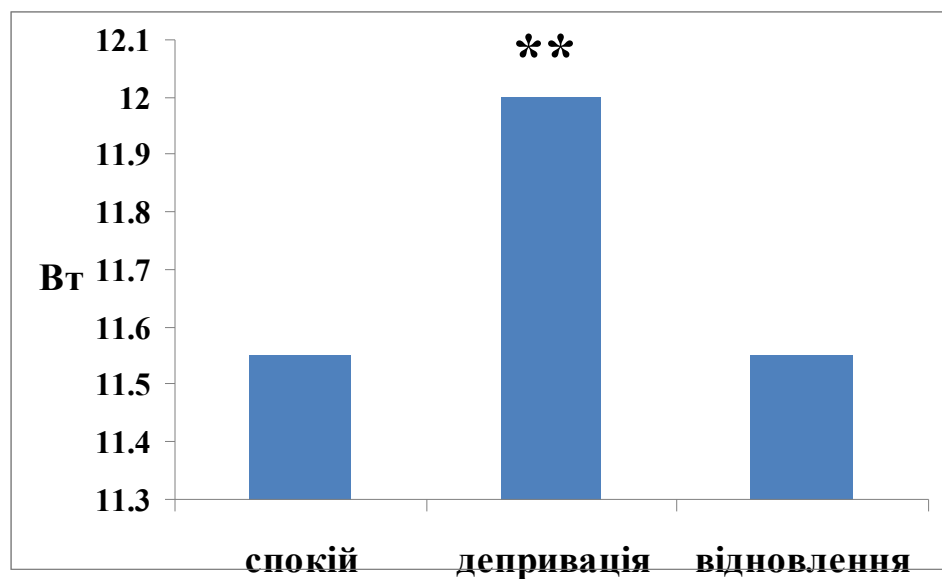


Рис. 3.3. Витрати енергії серцевим м'язом на переміщення 1 літру крові у спокої, короткотривалої зорової депривації та у відновному періоді

** - $p < 0,01$ у порівнянні із спокоєм

Одним із показників, які характеризують економічність роботи серця, є показник витрат енергії серцевим м'язом на переміщення 1 літру крові. Під час короткотривалої зорової депривації даний показник вірогідно зростав до 12,0 [11,11; 12,55] Вт у порівнянні зі станом спокою 11,55 [11,11; 12,0] Вт (рис. 3.3). Реактивність витрат енергії серцевим м'язом на переміщення

1 літру крові була більшою при короткотривалій зоровій депривації 3,81 [-1,36; 7,41]%, ніж у стані відновлення 1,89 [-1,98; 6,11]%

Таблиця 3.2

Показники ВСР у спокої та у різні періоди зорової депривації (n=35)

Показники	спокій	5д	10д	5в	10в
VLF, мс ²	1371 [542; 3143]	851 [339; 1878]	1841 [842; 3059]	1633 [557; 3223]	2025* [1472; 3448]
LF, мс ²	653 [443; 1711]	544 [408; 1793]	767 [461; 2059]	1277 [460; 1971]	1525** [733; 1829]
HF, мс ²	1289 [455; 2734]	1042 [441; 1704]	1052 [400; 3027]	930* [466; 1730]	1292 [457; 2854]
tVLF, Гц	0,007 [0,004;0,009]	0,007 [0,006;0,009]	0,006 [0,003;0,01]	0,003** [0,003;0,004]	0,0095 [0,006;0,01]
tLF, Гц	0,093 [0,073;0,113]	0,072 [0,058;0,087]	0,076* [0,054;0,103]	0,082 [0,064;0,103]	0,084** [0,047;0,096]
tHF, Гц	0,258 [0,217;0,032]	0,269 [0,218;0,294]	0,253 [0,213;0,287]	0,265 [0,206;0,315]	0,247 [0,173;0,299]
HF _{норм} , %	58,6 [48,9;67,5]	48,7 [39,8;68,0]	56,7 [42,2;68,0]	44,5* [32,0;60,8]	50,3** [48,8;59,3]
TP, мс ²	3646 [1640;7976]	2881 [1551;5254]	4384 [1819;7583]	3567 [1873;7689]	4760* [3160;9971]

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

Для аналізу змін в регуляторних механізмах діяльності серця [231, 178] провели оцінку спектральних характеристик масивів тривалості інтервалів R-R (табл. 3.2). При відсутності сенсорного зорового подразника вірогідних змін хвильової структури серцевого ритму не виявлено, але тенденція до їх зростання в діапазоні низьких та дуже низьких частот спостерігається з п'ятої по десяту хвилину депривації. Після поновлення нормального рівня освітленості з п'ятої по десяту хвилину виявлено значуще зростання потужності спектру в діапазоні низьких частот з 653 [443; 1711] мс² до 1525

[733; 1829] мс^2 , які відображають активність симпатичних центрів довгастого мозку (кардіостимулюючого та вазоконстрикторного) та реалізують свої впливи через АНС, але переважно через імпульси верхнього грудного (зірчастого) симпатичного ганглію [10]. Значуще зростання спектральної потужності в діапазоні дуже низьких частот з 1371 [542;3143] мс^2 до [2025 1472;3448] мс^2 з п'ятої по десяту хвилину відновлення свідчить про активацію центральних механізмів регуляції серцевого ритму та посилення гуморально-метаболических впливів[172].

У перші п'ять хвилин поновлення сенсорного подразнення виявлено значуще зменшення потужності спектру в діапазоні хвиль високої частоти. Протягом всього періоду після поновлення нормального рівня освітлення статистично достовірно знижується нормалізована потужність спектру в діапазоні дихальних хвиль до 44,5 [32,0; 60,8] мс^2 та 50,3 [48,8; 59,3] мс^2 відповідно у порівнянні зі станом спокою 58,6 [48,9; 67,5] мс^2 , що також вказує на пригнічення парасимпатичного та посилення симпатичного впливу вегетативної нервової системи. Вірогідне зростання загальної потужності спектру з п'ятої по десяту хвилину відновлення освітлення, що відображає сумарний ефект впливу на серцевий ритм всіх рівнів регуляції, відбувається в основному за рахунок хвиль LF та VLF діапазону. Дані зміни відображають нормальний функціональний стан та рівень адаптаційних можливостей ССС [10].

Реактивність більшості показників ВСР у різні періоди зорової депривації була досить варіативною. Реактивність з п'ятої по десяту хвилину відсутності світлового подразнення для VLF складала 4,74 [-32,43; 110,1]%, для LF – -13,01 [-28,2; 34,6]%, HF – -16,4 [-28,6; 7,38]%, HFnorm – -5,3 [-17,5; 8,7]%. Найбільш девіантною в даний період дослідження була реактивність загальної потужності спектру TP – -0,98 [-19,6; 38,2]%. З п'ятої по десяту хвилину після відновлення нормального рівня освітлення реактивність більшості аналізованих показників була досить односпрямованою: VLF – 68,9 [4,34; 119,3]%, LF – 53,6 [1,24; 109,4]%, HFnorm – -11,3 [-23,03; -2,4]%,

TP – 38,5 [7,4; 81,4]%. Найбільш девіантною виявилась реактивність HF – 0,4 [-18,9; 47,3]%

Для характеристики особливостей хвильової структури серцевого ритму вельми важливою являється частота максимального піку на спектрограмі. Ми визначали даний показник на періодограмах тривалостей R-R-інтервалів для кожного частотного діапазону (tVLF, tLF, tHF). В табл.3.2 представлені його значення за різних умов освітлення. Найсуттєвіші зміни даного показника виявили в діапазоні 0,04 – 0,15 Гц, який характеризує симпато-адреналові впливи на діяльність серцево-судинної системи людини. Вірогідне зниження максимального піку tLF спостерігається відповідно з п'ятої по десяту хвилину зорової депривації 0,076 [0,054; 0,103] Гц та відновлення нормального рівня освітлення 0,084 [0,047; 0,096] Гц у порівнянні з фоновими показниками 0,093 [0,073; 0,113] Гц. Таким чином, з посиленням симпатичної активності частоти повільних хвиль тривалості R-R-інтервалів зменшуються.

Більш детальний аналіз змін варіабельності серцевого ритму за допомогою медіанних спектрограм з п'ятої по десяту хвилину відновлення після зорової депривації у порівнянні зі станом спокою виявив вірогідні відмінності на частотах від 0,02 до 0,08 Гц та 0,1 Гц (рис. 3.4). Значущі відмінності в діапазоні частот від 0,02 до 0,08 Гц можуть свідчити про посилення гуморальних впливів та симпатичної ланки вегетативної нервової системи на діяльність ССС [10]. Разом з тим, достовірні відмінності потужності коливань ритму серця на частоті 0,1 Гц свідчать про підвищення чутливості барорефлексу, який оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц [378, 379].

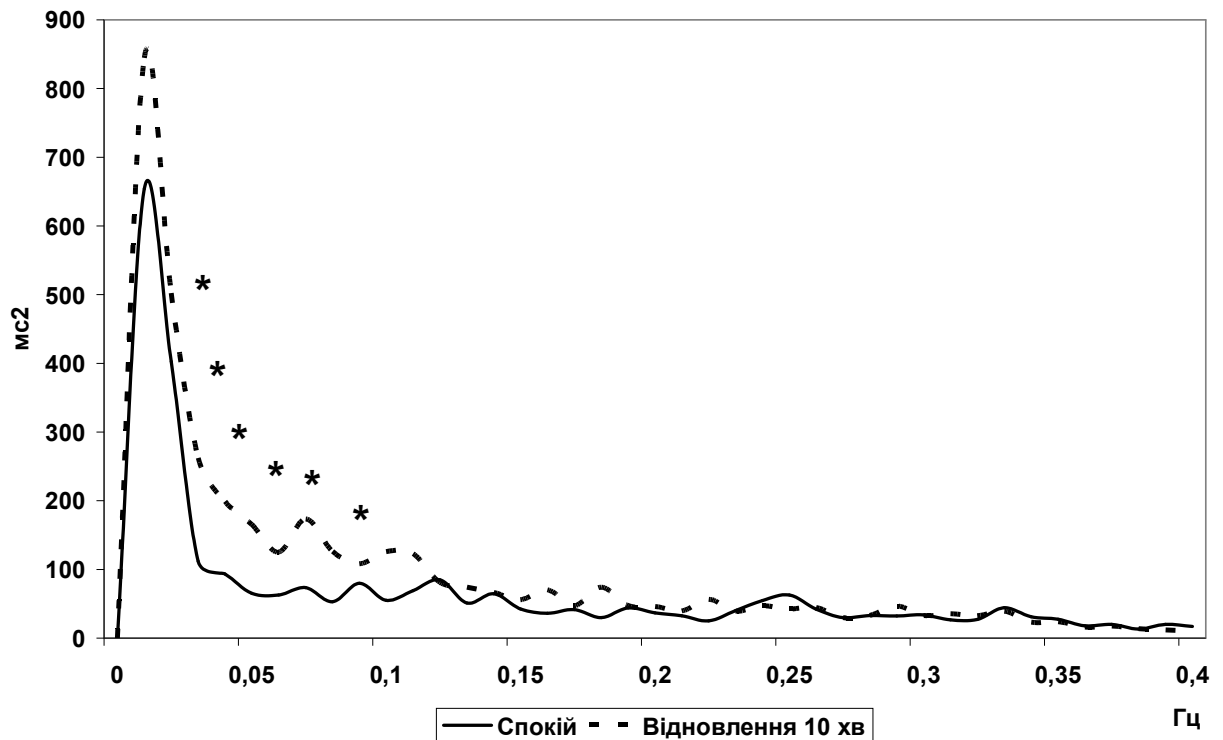


Рис. 3.4. Медіанні спектрограми т-R-R у спокої та з 5-ї по 10-ту хвилини відновлення після зорової депривації; * - $p < 0,05$

Одним із важливих показників, що характеризують діяльність центральної гемодинаміки, є коливання ударного об'єму крові [212, 70, 106, 145, 29, 200]. Аналіз варіабельності серцевого ритму за показником УОК широко використовується в практичній медицині, а саме в анестезіології та інтенсивній терапії [80, 120].

В табл.3.3 представлені зміни коливань показників ударного об'єму крові у спокої та різні періоди зорової депривації. Аналіз розподілу показників хвильової структури коливань УОК у спокої, різні періоди зорової депривації та стані відновлення показав, що вони розподілені ненормально. Діапазон розкиду показників достатньо виражений, мінімальні значення суттєво відрізняються від максимальних. В різні періоди зорової депривації вірогідних змін у різних частотних діапазонах не виявлено. Простежується тенденція до зростання усіх показників УОК з першої по п'яту та з п'ятої по десятую хвилину відсутності зорового подразнення, окрім $HFnorm^{sv}$ у другу половину впливу 82,7 [73,5; 88,3]% у порівнянні зі станом

спокою 85,1 [73,8; 90,7]%. При цьому зміни реактивності цих показників свідчать про наявність різних типів перебудови хвильової структури УОК у відповідь на даний сенсорний вплив. Реактивність з п'ятої по десятю хвилину відсутності світлового подразнення для VLF^{sv} складала 12,9 [-35,5; 78,6]%, LF^{sv} – 1,8 [-38,5; 53,0]%, HF^{sv} – -15,5 [-38,1; 47,6]%, HFnorm^{sv} – -0,2 [-7,8; 5,9]%, TP^{sv} -6,3 [-25,7; 31,7]%. Найбільш девіантною виявилась реактивність HFnorm^{sv} – -0,2 [-7,8; 5,9]%

Таблиця 3.3

Показники коливань УОК у спокої та у різні періоди зорової депривації
(n=35)

Показники	спокій	5д	10д	5в	10в
VLFsv, мл ²	7,5 [3,6; 20,9]	7,8 [5,3; 16,6]	8,4 [6,0; 16,0]	11,0* [5,4; 24,0]	10,0 [5,7; 17,6]
LFsv, мл ²	8,0 [3,9; 17,5]	14,9 [6,7; 21,1]	11,6 [5,3; 21,8]	21,6 [9,6; 25,5]	13,3** [9,6; 21,7]
HFsv, мл ²	46,7 [29,7; 91,5]	101,4 [30,8; 126,5]	63,5 [25,7; 96,8]	64,4 [36,7; 152,3]	57,4 [31,4; 114,3]
HFnorm ^{sv} , %	85,1 [73,8; 90,7]	85,7 [70,0; 90,6]	82,7 [73,5; 88,3]	86,3* [75,5; 88,4]	76,5** [69,3; 86,5]
TPsv, мл ²	65,1 [44,6; 153,8]	107,4 [52,2; 160,3]	90,7 [43,2; 137,2]	115,9 [60,8; 180,0]	81,4 [54,2; 161,7]

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

Після поновлення нормального рівня освітленості з п'ятої по десятю хвилину статистично значущо зростала потужність спектру у LF^{sv}-діапазоні, що відображає активацію симпатичної ланки вегетативної нервової системи. Вірогідне зниження HFnorm^{sv} з 85,1 [73,8; 90,7]% до 76,5 [69,3; 86,5]%, підтверджує посилення симпатичних впливів ВНС на гемодинаміку. Реактивність окремих показників УОК після відновлення нормального рівня освітлення була досить варіативною. Так, з п'ятої по десятю хвилину

реактивність VLF^{SV} становила 26,6 [-33,9; 89,0]%, HF^{SV} – 6,2 [-26,4; 65,9]%, TP^{SV} – 11,5 [-13,8; 60,7]%. В той же час реактивність показників УОК в LF^{SV} -діапазоні була односпрямованою: з першої по п'яту хвилини – 78,6 [-2,2; 160,2]%, з п'ятої по десяту – 70,5 [-1,6; 152,7]%

Аналіз медіанної спектрограми коливань УОК у стані спокою та у період з 5-ї по 10-ту хвилини припинення зорової депривації виявив вірогідні відмінності в на частотах 0,03, 0,04, 0,05, 0,06 Гц, тобто в діапазоні низьких та дуже низьких частот, що свідчить про активацію симпатичної модуляції серцевого ритму та активності ренін-ангіотензинової системи (рис. 3.5). Достовірно зростала потужність спектру коливань УОК на частоті 0,08 Гц, що може бути обумовлено активацією барорефлекторного механізму регуляції кровообігу, який оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц [265, 317, 281].

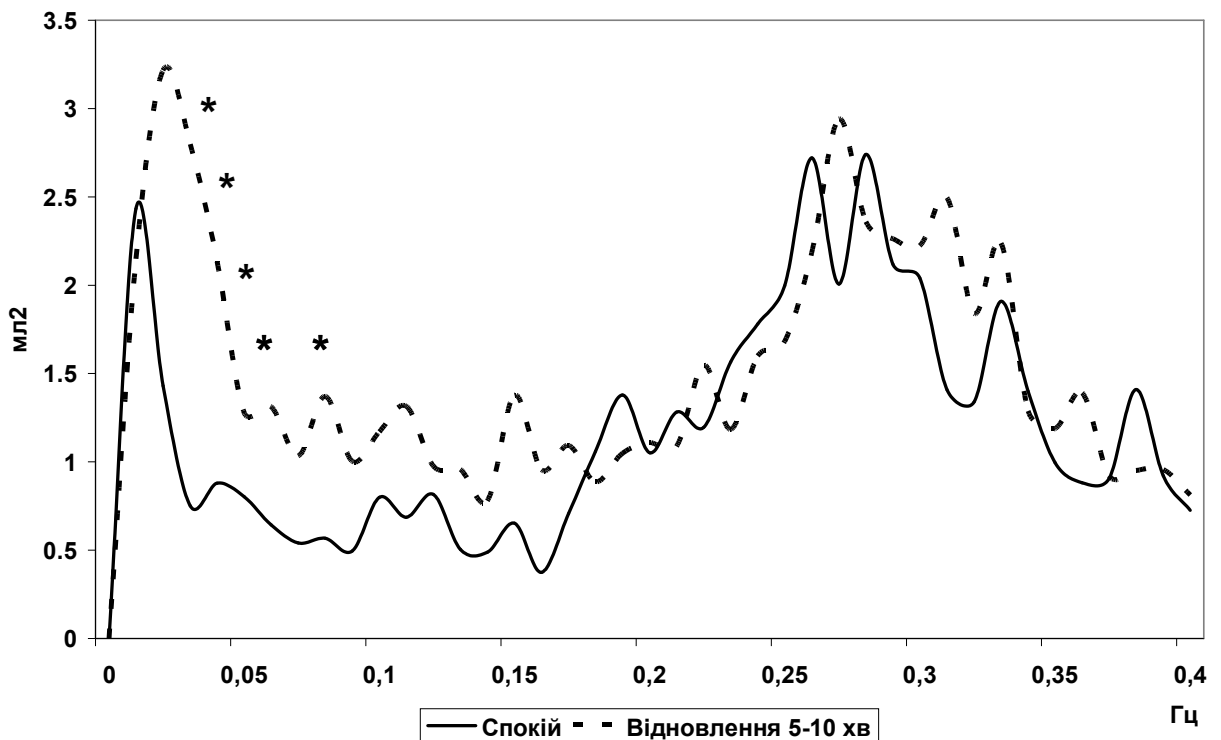


Рис. 3.5. Медіанні спектрограми коливань УОК у спокої та у період з 5-ї по 10-ту хвилини припинення зорової депривації

Частота дихання є стабільним індикатором функціонування організму. В табл. 3.4 представлені зміни показників тривалості та варіабельності спіроінтервалів у спокої та у різні періоди зорової депривації. При короткотривалій зоровій депривації та у стані відновлення нормального рівня освітлення спостерігалась тенденція до зростання тривалості спіроінтервалу. Після короткотривалої зорової депривації виявлено значуще зростання SDNN_{сп} 901 [575; 1275] мс та коефіцієнту варіації $sV_{сп}$ – 0,227 [0,156; 0,290]% ($p < 0,05$) у порівнянні з фоновим рівнем відповідно 741 [459; 902] мс та 0,1862 [0,1354; 0,2171]%. Згідно даних Судакова такі зміни можуть свідчити про погіршення функціонального стану організму [194, 195].

Таблиця 3.4

Показники частоти дихання у спокої та у різні періоди зорової депривації
(n=35)

Показники	Спокій	Депривація	Відновлення
М сп, мс	3605 [3256; 4116]	3921 [3529; 4431]	3803 [3351; 4141]
Вдих, мс	1613 [1430; 1844]	1657 [1540; 1838]	1636 [1478; 1764]
Видих, мс	1988 [1749; 2259]	2205* [1932; 2558]	2135* [1903; 2447]
Відношення, у.о.	0,81 [0,74; 0,87]	0,79 [0,68; 0,83]	0,77* [0,71; 0,82]
SDNN _{сп} , мс	741 [459; 902]	665 [485; 933]	901* [575; 1275]
$sV_{сп}$, %	0,1862 [0,1354; 0,2171]	0,162 [0,1324; 0,2362]	0,227* [0,156; 0,290]

Примітка. * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, значущість відмінностей у порівнянні з фоновим рівнем

Аналіз реактивності показників тривалості спіроінтервалів виявив її значну варіативність. Межі нижнього та верхнього квантилів реактивності для тривалості видиху при депривації склали відповідно – -3,3 та 13,6%, при відновленні – -4,3 та 17,7%, співвідношення тривалості вдиху до видиху при відновленні – -15,4 та 2,3%. Реактивність показників варіабельності спіроінтервалів після поновлення світлової імпульсації виявилась більш односпрямованою – SDNN_{сп} 30,8 [-9,9; 78,8]%, CV 19,2 [-8,0; 47,1]%

Нейрогенна регуляція являється короткотривалою та дозволяє організму швидко та ефективно адаптуватися до змін гемодинаміки, пов'язаних зі змінами об'єму крові, серцевого викиду та периферичного опору судин. Зміни в ССС на рівні периферичної ланки при різноманітних впливах чи фізичних навантаженнях зумовлені в першу чергу перебудовою метаболічних процесів і спрямовані на створення сприятливих умов для максимального вилучення кисню із крові в тканини та в кінцевому результаті на досягнення оптимального забезпечення організму енергією [164, 52, 31, 110]. Тому цікаво було проаналізувати зміни коливань тону судин у спокої та у різні періоди зорової депривації (табл. 3.5). В різні періоди відсутності сенсорного зорового подразнення вірогідних змін показників тону судин не виявлено.

З 5-ї по 10-ту хвилини після поновлення нормального рівня освітленості виявлено статистично значуще зниження тону судин в діапазоні низьких частот – 47,2 [15,8; 131,1] у.о. у порівнянні зі спокоєм 42,7 [8,5; 48,5] у.о.. В різні періоди (з першої по п'яту та з п'ятої по десяту хвилини) після припинення короткотривалої зорової депривації виявили достовірне зростання показників хвильової структури коливань судинного тону в діапазоні високих частот відповідно – 94,0 [49,0; 192,9] у.о. та 64,4 [50,8; 159,2] у.о. у порівнянні із вихідним станом 45,1 [26,9; 112,6] у.о..

Таблиця 3. 5

Показники коливань тону́су судин у споко́ї та у різні періоди зорової депривації (n=35)

Показники	спокій	Депривація	Відновлення
VLFp, у.о.	56,4 [17,1; 95,1]	57,9 [13,6; 186,2]	42,5 [16,1; 140,5]
LFp, у.о.	42,7 [8,5; 48,5]	63,7 [11,1; 111,3]	47,2* [15,8; 131,1]
HFp, у.о.	45,1 [26,9; 112,6]	50,2 [23,6; 107,5]	64,4** [50,8; 159,2]
HFnormp, %	70,9 [52,3; 74,4]	50,9 [42,4; 63,4]	61,6 [53,5; 79,7]
TPp, у.о.	239,3 [51,2; 256,6]	135,5 [55,6; 359,4]	162,4* [108,9; 428,9]

Примітка. * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Вище означені зміни вказують на пригнічення діяльності ССС як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів. В різні періоди зорової депривації показник HFnormp становив – 50,8 [31,9; 57,8]% та 50,9 [42,4; 63,4]% відповідно та після поновлення світлової імпульсації – 75,5 [53,5; 83,7] % і 61,6 [53,5; 79,7]% у порівнянні зі спокоєм 70,9 [52,3; 74,4]%. Реактивність HFnormp за різних умов була найбільш варіативною з першої по п'яту хвилини зорової депривації – 0,96 [0,72; 1,11]% та після поновлення нормального рівня освітленості – 1,4 [-12,4; 10,5]% та 0,43 [-23,3; 14,9]%. З п'ятої по десяту хвилини відсутності освітлення кількість реакцій зменшення даного показника була більшою – -12,58 [-25,17; 3,8]%. Реактивність показників хвильової структури коливань судинного тону́су під час короткотривалої зорової депривації в усіх частотних діапазонах була девіантною. Межі верхнього та нижнього квантилів становили відповідно для VLFp -57,9% та 34,9%, для LFp -31,5% та

116,6%, для HFp -18,6% та 26,3%. Після поновлення нормального рівня освітленості реактивність даних показників була односпрямованою – для LFp 77,4 [52,99; 175,6]%, для HFp 65,0 [27,19; 138,4]%

Для обох періодів відновлення після зорової депривації виявлено значуще зниження загальної потужності спектру з 239,3 [51,2; 256,6] у.о. до 205,9 [76,6; 391,5] у.о. та 162,4 [108,9; 428,9] у.о. відповідно, що відбувалося в основному за рахунок зменшення щільності спектру в VLF- та LF-діапазонах. Такі зміни загальної потужності спектру, яка відображає сумарний ефект впливу на гемодинаміку усіх рівнів регуляції, можуть свідчити про зменшення адаптаційних можливостей ССС. Реактивність показників загальної потужності спектру була більш варіативною при відсутності зорового подразнення – 1,25 [1,0; 2,23]% та 10,08 [-14,9; 38,2] %, ніж після його відновлення – 60,8 [19,4; 132,2] % та 51,5 [35,1; 112,1]% відповідно.

Аналіз медіанної спектрограми коливань судинного тону у спокої та на 5-10-й хвилині після зорової депривації виявив вірогідні відмінності на частоті 0,08 Гц, які, характеризують діяльність барорефлекторного механізму (рис. 3.6).

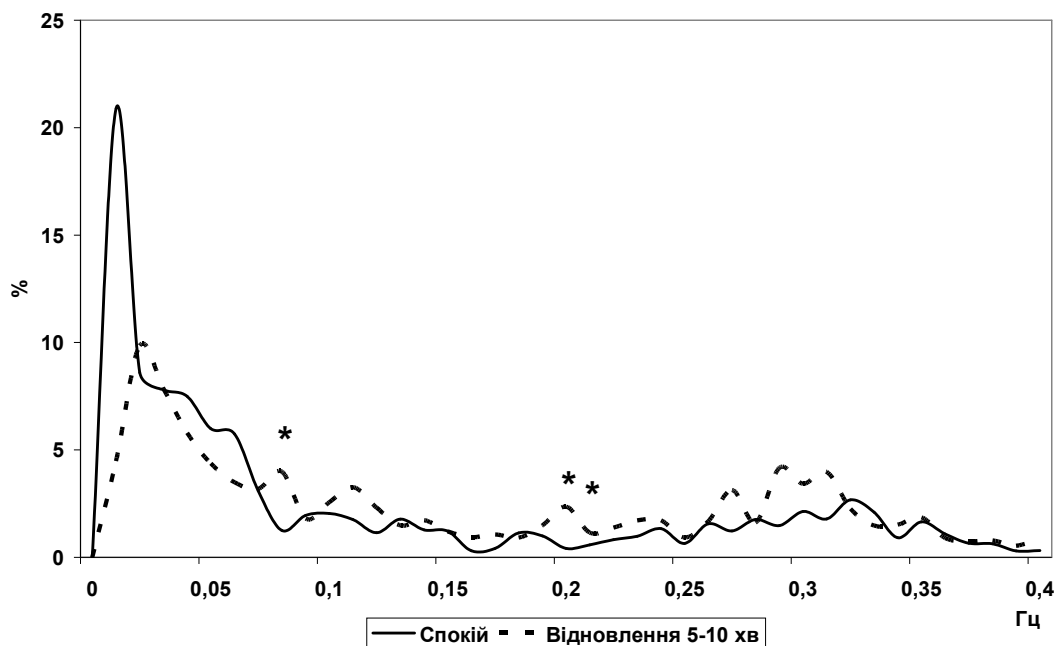


Рис. 3.6. Нормалізовані медіанні спектрограми коливань судинного тону у спокої та на 5-10-й хвилині після зорової депривації, *- $p < 0,05$

Аналіз хвильової структури коливань гемодинаміки під час та після короткотривалої зорової депривації у людей із різним фоновим рівнем показників виявив її суттєві відмінності. Тому цілком вірогідно припустити наявність певних відмінностей і у зв'язках між регуляторними ритмами УОК та т-R-R. Спостерігається зростання LF_{\max} , котрий відображає рівень спонтанної барорефлекторної чутливості у різні періоди дослідження, але достовірним даний показник стає з п'ятої по десятю хвилини після зорової депривації – 14,77 [6,32; 25,05] мс·мл ($p < 0,01$) у порівнянні з вихідним станом 7,13 [4,14; 18,04] мс·мл. За даних умов спостерігається значуще зниження максимального піку tLF - 0,07 [0,05; 0,09] ($p < 0,05$ Гц) у порівнянні із фоновими показниками 0,09 [0,07; 0,12] Гц. З п'ятої по десятю хвилини зорової депривації та відновлення після неї знижується VLF_{\max} – 24,20 [11,88; 52,53] мс·мл та 25,93 [13,78; 65,04] мс·мл відповідно у порівнянні з вихідним станом 31,1 [6,50; 61,62] мс·мл, втім, такі зміни не були значущими.

Крос-спектральний аналіз частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові за методом побудови медіанних крос-періодограм (рис. 3.7) виявив значуще збільшення синхронізації даних показників у LF-діапазоні (0,06 та 0,08 Гц) з 5-ї по 10-ту хвилини відновлення після зорової депривації. Вірогідні відмінності на частоті 0,08 Гц можуть свідчити про посилення спонтанної барорефлекторної чутливості, яка традиційно оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц.

Таким чином, результати крос-спектрального аналізу підтверджують більший рівень активації симпатичної ланки вегетативної нервової системи з п'ятої по десятю хвилини після поновлення нормального рівня освітлення.

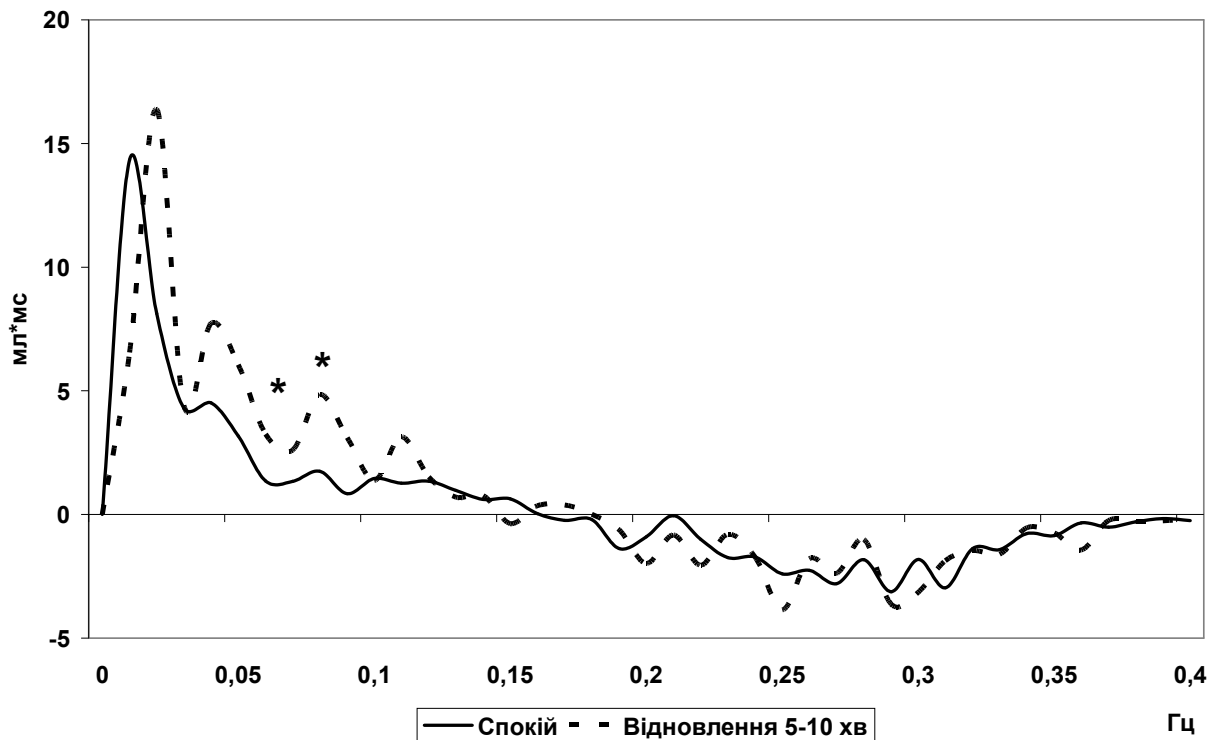


Рис. 3.7. Медіанні крос-періодограми коливань т-R-R та УОК у спокої та у період відновлення після зорової депривації з 5-ї по 10-ту хвилини (N=32), * - $p < 0,05$

Отже, наведені у даному розділі результати досліджень дозволили констатувати наступне. При короткотривалій зоровій депривації та одразу після поновлення нормального рівня освітленості зростає загальний периферичний опір судин та зменшується серцевий викид. Після припинення зорової депривації спостерігається збільшення тонузу симпатичної ланки вегетативної нервової системи та тонузу периферичних судин. Значуще збільшення синхронізації показників крос-спектральної потужності коливань т-R-R та УОК у LF-діапазоні з 5-ї по 10-ту хвилини відновлення після зорової депривації свідчать про посилення спонтанної барорефлекторної чутливості [172].

3.2. Вплив монохромного світла різної інтенсивності на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму

Вивченню впливу інтенсивного світла на організм людини присвячена велика кількість робіт [41], але більшість досліджень стосується використання інтенсивного білого світла в лікуванні порушень циркадного ритму [257, 276], сезонних та несезонних депресій [338, 269, 346], вікової патології [277, 311], лікуванні порушень настрою, пов'язаних із фазами менструального циклу [313], в терапії різних видів порушень сну [392, 290]. Існують роботи, в яких показано вплив інтенсивного світла на вегетативні функції організму [359]. Підтверджується також участь вегетативної іннервації у безпосередній передачі фотоперіодичної інформації до внутрішніх органів [311, 377, 343]. Показано активуючий вплив білого світла на серцево-судинну систему у осіб, що страждають афективними сезонними розладами [138, 353]. В дослідженнях Saito Y з'ясовано, що після світлового впливу спостерігається збільшення симпатичних та зменшення парасимпатичних впливів, що не супроводжувалося змінами частоти серцевих скорочень та артеріального тиску [358]. Про активацію парасимпатичної ланки регуляції серцевого ритму після тривалого впливу яскравого світла пишеться в працях [353, 363]. Тому задачею даного підрозділу було з'ясувати зміни показників центральної гемодинаміки та хвильових процесів серцевого ритму під впливом монохромного світла різної довжини хвилі та інтенсивності подачі сигналу.

При офтальмофотостимуляції монохромним світлом довжиною хвилі як 500 нм, так і 620 нм із різним рівнем освітленості спостерігалися суттєві зміни в центральній гемодинаміці (рис. 3.8). Виявлено значуще зростання тривалості кардіоінтервалу за обох умов впливу у порівнянні із фоновими показниками. При чому, при дії червоного світла значуще зростання тривалості інтервалу R-R спостерігається на всіх рівнях освітленості: 100 люкс – 989 [841; 1053] мс, 200 люкс – 1030 [821; 1082] мс та 400 люкс – 1010 [842; 1079] мс. В той час як при дії зеленого світла t-R-R достовірно

зростає з першої по п'яту та з п'ятої по десяту хвилини освітленості 200 люкс – 969 [882; 1021] мс, 948 [867; 1021] мс та з першої по п'яту хвилини на рівні інтенсивності світла 400 люкс – 970 [868; 1027] мс.

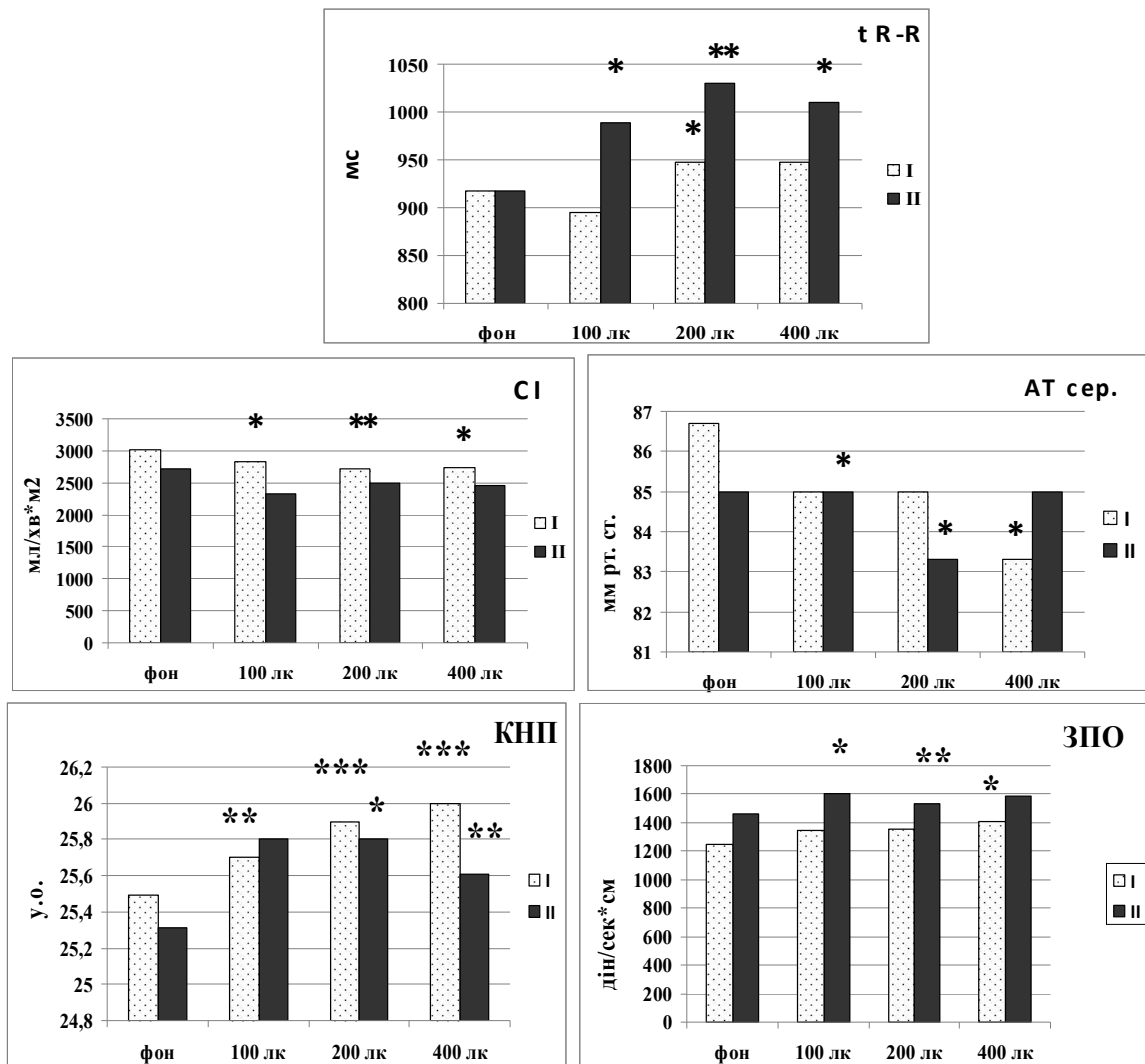


Рис. 3.8. Зміни показників центральної гемодинаміки при офтальмостимуляції монохромним світлом різної інтенсивності, * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, значущість відмінностей у порівнянні з фоновим рівнем, I – 500 нм, II – 620 нм

При стимуляції монохромним світлом довжиною хвилі 620 нм вірогідних змін серцевого та ударного індексів не виявлено. При дії світла довжиною хвилі 500 нм ударний об'єм крові достовірно зменшувався з п'ятої по десяту хвилини освітленості 100 люкс – 44,3 [39,7; 47,5] мл та весь період на рівні інтенсивності освітлення 400 люкс - 39,4 [32,8; 46,8] мл і 42,2 [38,0; 45,4] мл у порівнянні із вихідним станом 47,1 [39,8; 48,5] мл. Показник

серцевого індексу значуще зменшувався на всіх рівнях інтенсивності освітлення (100, 200, 400 нм) при офтальмофотостимуляції монохромним світлом довжиною хвилі 500 нм відповідно – 2829 [2708; 2990] мл/хв·м², 2714 [2506; 3020], 2741 [2332; 2910] мл/хв·м² у порівнянні зі станом спокою 3017 [2782; 3234] мл/хв·м².

За обох умов офтальмофотостимуляції значущо знижувався середній артеріальний тиск – при дії світлом довжини хвилі 500 нм на рівні освітлення 400 люкс – 83,3 [80,8; 87,5] мм рт. ст., 620 нм – 100 люкс – 85,0 [82,5; 90,5] мм рт. ст. та 200 люкс – 83,3 [82,5; 90,0] мм рт. ст. у порівнянні зі станом спокою відповідно 86,7 [83,3; 86,7] мм рт. ст. та 85,0 [83,3; 93,3] мм рт. ст..

Відносно кровонаповнення органів грудної клітки, яке обумовлюється переважно кількістю крові, що знаходиться у легенях, значущо зростає по мірі посилення рівня інтенсивності освітлення в обох випадках фотостимуляції. При впливах зеленим світлом з інтенсивністю 100 люкс КНП становить 25,70 [23,96; 27,73] у.о. (p<0,01), 200 люкс – 25,90 [24,17; 27,77] у.о. (p<0,001), 400 люкс – 26,0 [24,28; 28,09] у.о. (p<0,001) при фонових даних 25,49 [23,81; 27,44] у.о., при дії червоного світла інтенсивністю 200 люкс – 25,80 [21,30; 27,37] у.о. (p<0,05) та 400 люкс – 25,61 [21,65; 27,55] у.о. (p<0,01) у порівнянні із вихідним станом 25,31 [20,51; 27,36] у.о.. Всі вищезазначені зрушення свідчать про пригнічення діяльності серця, ймовірно, як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів.

Разом з тим, при обох видах впливів спостерігається тенденція до зростання загального периферичного опору судин, значення якого зазвичай характеризує стан структурно-функціональних змін артеріол. А при дії монохромного світла з довжиною хвилі 500 нм інтенсивністю 400 люкс ЗПОС значуще зростає з 1247 [1215; 1433] дін/сек·см⁻⁵ до 1410 [1223; 1567] дін/сек·см⁻⁵ (p<0,05). Також достовірно зростає даний показник при дії світла довжини хвилі 620 нм інтенсивністю 100 люкс 200 люкс. Дані зміни

вказують на посилення симпатичних впливів вегетативної нервової системи на тонус судин.

Інформативними щодо оцінки стану гемодинаміки є такі показники як період вигнання, котрий визначається величиною артеріального тиску та силою серцевих скорочень, і період розповсюдження пульсової хвилі від серця до периферії. При впливах червоного світла на рівні освітлення 400 люкс значуще подовжується період вигнання з 287 [276; 306] мс до 290 [287; 310] мс ($p < 0,05$), а період розповсюдження пульсової хвилі достовірно зменшується до 71,9 [58,8; 79,3] мс ($p < 0,05$) при освітленні 200 люкс та 73,0 [58,0; 89,0] мс ($p < 0,05$) при 400 люкс з 77,2 [61,7; 83,5] мс у стані спокою. Показник тонузу (ПТ), який відображає відношення тонузу периферичних та центральних судин, значуще зростає на всіх рівнях інтенсивності (100, 200, 400) червоного світла з 106,9 [84,1; 144,2] у.о. відповідно до 137,0 [94,9; 171,1] у.о., 152,9 [109,3; 172,6] у.о., 145,6 [127,1; 178,0] у.о.. При дії зеленого світла показник тонузу периферичних судин вірогідно збільшується при інтенсивності освітленості 400 люкс з 87 [78; 107] у.о. до 129 [98; 152] у.о. ($p < 0,01$), що свідчить про переважання периферичних впливів на регуляцію гемодинаміки.

Виявлено статистично значуще зниження показників об'ємної швидкості викиду крові за 1 секунду (ОШВ) з 278 [235; 289] мл·с⁻¹ до 262 [239; 267] мл·с⁻¹ ($p < 0,05$) та потужності серцевих скорочень при переміщенні крові за хвилину з 3,14 [2,76; 3,33] Вт до 2,78 [2,53; 2,91] Вт ($p < 0,05$) при стимуляції зеленим світлом з інтенсивністю 400 люкс, що можна пояснити посиленням тонузу парасимпатичної ланки ВНС.

Найбільш економічною виявилася робота серця за умов дії світлом довжини хвилі 500 нм інтенсивністю 400 люкс: показник витрат енергії на переміщення 1 літру крові становив 11,11 [10,66; 11,33] Вт/л ($p < 0,01$) при фонових даних 11,55 [11,20; 11,55] Вт/л.

Реактивність більшості аналізованих показників за обох умов дослідження була девіантною. Найбільш варіативною при впливах

монохромним світлом довжини хвилі 500 нм виявилась реактивність таких показників як t-R-R – 2,2 [-2,4; 3,3]%, УІ – -2,6 [-6,3; -1,4]%, СІ – -3,9 [-9,4; -0,3]%, Ат сер – 0 [-3,8; 2,0]%, РЕ – 0 [-3,8; 2,0]% на рівні інтенсивності освітлення 100 люкс. При подальшому посиленні інтенсивності освітлення кількість односпрямованих реакцій зростала. Так, реактивність СІ при освітленості 400 люкс становила -9,0 [-13,3; -5,2]%, Ат сер – -3,8 [-7,6; -0,6]%, РЕ – -5,8 [-7,7; -1,9]%. Реактивність показника тону судин мала більш односпрямований характер по мірі наростання інтенсивності освітленості та становила 17,9 [8,2; 21,9]% при 100 люкс, 22,3 [4,1; 30,2]% при 200 люкс, 32,8 [17,8; 41,1]% при 400 люкс.

При офтальмофотостимуляції монохромним світлом довжини хвилі 620 нм реактивність більшості показників центральної гемодинаміки була аналогічною із змінами при впливах зеленим світлом, зміни реактивності окремих показників за різних умов освітленості практично не відрізнялись. Так, на рівні 100 люкс реактивність t-R-R становила 3,9 [0,1; 6,1]%, СІ -7,3 [-10,5; 1,7]%, Ат сер -1,9 [-2,0; -0,3]%, та відповідно при 400 люкс – t-R-R 4,1 [0,8; 6,7]%, СІ -7,6 [-11,0; 0,2]%, Ат сер -1,9 [-4,1; 0]%. Разом з тим, варіативність ударного об'єму крові була значущо вищою з п'ятої по десятю хвилини інтенсивності світла 400 люкс і становила -0,8 [-8,8; 2,6]% ($p < 0,05$) у порівнянні із рівнем освітленості 100 люкс -5,2 [-5,8; 0,7]%. Виявлено значуще збільшення реакцій подовження періоду вигнання по мірі посилення інтенсивності освітлення – 100 люкс 0,2 [-0,7; 1,5]%, 200 люкс 2,2 [-0,6; 3,4]% ($p < 0,05$), 400 люкс 3,0 [1,1; 4,2]% ($p < 0,01$). При інтенсивності освітлення 200 люкс значуще зростала кількість реакцій зменшення періоду розповсюдження пульсової хвилі -5,4 [-9,2; -1,4]% ($p < 0,05$) у порівнянні із 100 люкс -1,7 [-8,1; 0,6]%. Найбільш односпрямованою, як і при дії зеленим світлом, була реактивність показника тону судин, що зростала по мірі посилення інтенсивності освітлення 21,8 [15,2; 27,5] % при освітленості 100 люкс, 23,3 [14,6; 34,6]% при 200 люкс та 36,3 [22,9; 40,4]% при 400 люкс.

У зв'язку із ненормальністю розподілу аналізували значення показників варіабельності серцевого ритму у вигляді медіани, а також меж нижнього та верхнього кватилів за різних умов офтальмофотостимуляції (рис. 3.9).

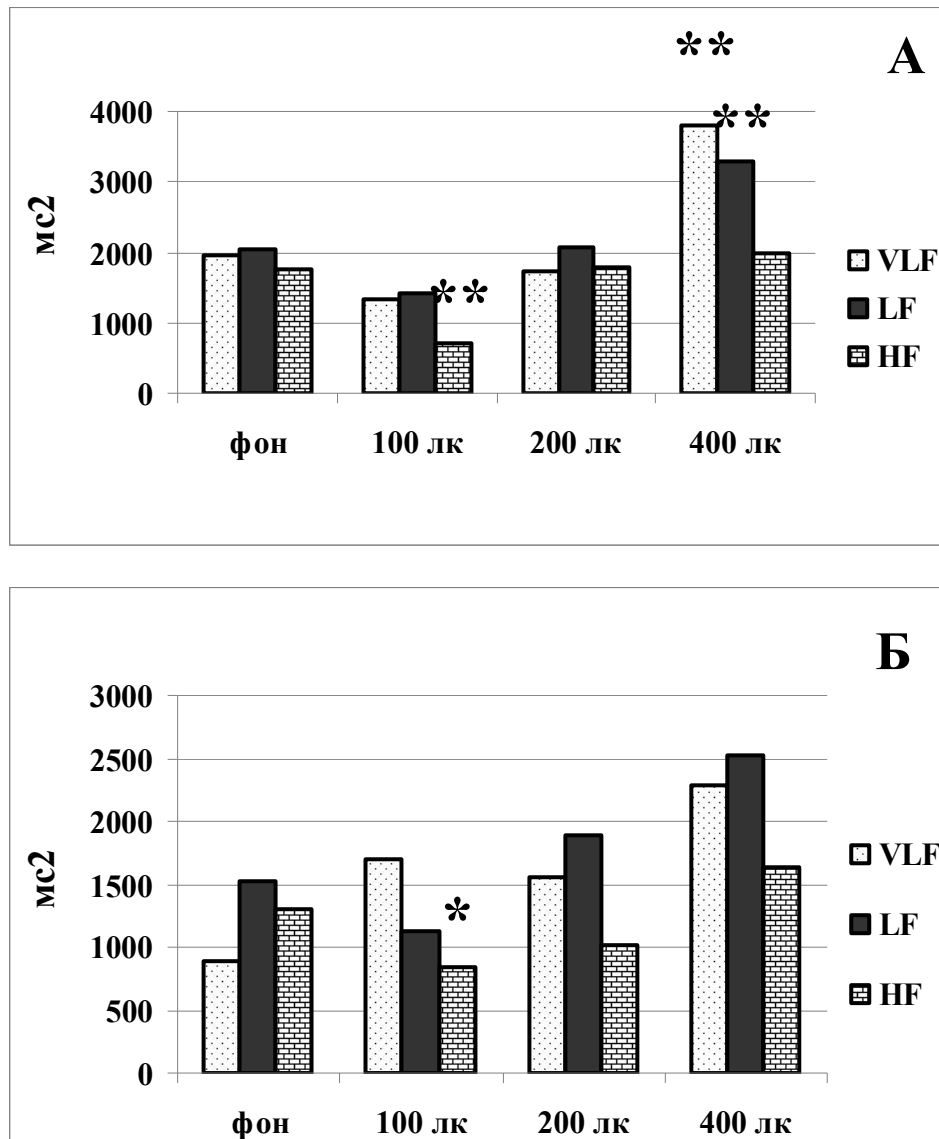


Рис. 3.9. Показники хвильової структури серцевого ритму при офтальмостимуляції монохромним світлом довжини хвилі 500 нм (А) та 620 нм (Б) різного рівня освітленості; * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$

За обох умов дії світлового подразника на різних рівнях його інтенсивності виявлено різноспрямовані зміни хвильової структури серцевого ритму. При впливах як зеленим, так і червоним світлом інтенсивністю 100 та 200 люкс значущих змін в діапазоні низьких та дуже

низьких частот (повільні хвилі 1 та 2 порядку) не виявлено. При стимуляції червоним світлом інтенсивністю 400 люкс спостерігається тенденція до зростання потужності спектру в VLF- та LF-діапазонах відповідно з 886 [495; 2588] mc^2 та 1524 [864; 3236] mc^2 до 2280 [1659; 3309] mc^2 та 2520 [2181; 3436] mc^2 . В той час як при впливах зеленого світла аналогічної інтенсивності зростання спектральної потужності в даних діапазонах стає статистично значущим і становить – VLF 3789 [2310; 5049] mc^2 ($p < 0,01$), LF 3300 [1799; 3876] mc^2 ($p < 0,01$) при вихідних даних 1946 [1119; 2315] mc^2 і 2043 [1262; 2531] mc^2 . Вищезазначені зміни вказують на активацію симпатичної модуляції серцевого ритму та посилення активності центральних та гуморально-метаболических впливів [10, 244].

За обох умов світлостимуляції з п'ятої по десяту хвилини освітленості 100 люкс виявлено значуще зменшення спектральної потужності в діапазоні високих частот: довжина хвилі 500 нм з 1745 [954; 3174] mc^2 до 720 [480; 2459] mc^2 ($p < 0,01$), 620 нм – з 1297 [902; 220] mc^2 до 3837 [770; 1957] mc^2 ($p < 0,05$), що обумовлюється пригніченням вагусних впливів. Однак, при подальшому підвищенні рівня освітленості значущих змін від фону в діапазоні дихальних хвиль не спостерігається.

Про посилення симпатичних впливів на регуляцію серцевого ритму свідчить і вірогідне зниження нормалізованої потужності спектру в діапазоні дихальних хвиль як при дії червоного – 36,77 [30,15; 47,98]% ($p < 0,05$), так і зеленого світла – 42,10 [24,56; 55,15]% ($p < 0,05$) інтенсивності 400 люкс.

Звертає увагу, що за обох умов світлових впливів при освітленості 100 люкс спостерігається зниження загальної потужності спектру, а в перші п'ять хвилин дії червоного світла TP зменшується статистично значуще з 4045 [3468; 7429] mc^2 до 3706 [3252; 6322] mc^2 ($p < 0,05$) в основному за рахунок низькочастотних хвиль. При подальшому підвищенні рівня освітлення загальна потужність спектру зростає, а з п'ятої по десяту хвилини стимуляції зеленим світлом інтенсивності 200 та 400 люкс значущо до 7123 [4818; 9269] mc^2 ($p < 0,05$) і 8461 [6803; 12741] mc^2 ($p < 0,01$) у порівнянні із

фоном 6064 [4149; 7616] мс^2 , що відбувається в основному за рахунок спектральної потужності в VLF- та LF-діапазонах і може свідчити про напруження адаптаційних можливостей ССС за даних умов.

Аналіз реактивності показників варіабельності серцевого ритму виявив його значну варіативність за різних умов дії світлового подразника. Так, реактивність потужності спектру в VLF-діапазоні при стимуляції світлом довжини хвилі як 500 нм $-0.23 [-16.32; 22.47]\%$, так і 620 нм $-4.78 [-9.96; 58.81]\%$ освітленості 100 люкс та перших 5-ти хвилин 200 люкс $-10.27 [-48.53; 73.78]\%$ (500 нм) та $6.71 [-65.55; 171.67]\%$ (620 нм) була достатньо варіативною. По мірі посилення інтенсивності освітлення кількість реакцій збільшення даного показника значно переважала над реакціями зменшення: 500 нм 400 люкс – $102.79 [11.22; 227.71]\%$, 620 нм 400 люкс – $56.9 [-41.65; 231.10]\%$. Реактивність потужності спектру в низькочастотному діапазоні при впливі зеленим світлом освітленості 100 люкс була девіантною, а при дії червоного світла переважали реакції зменшення. Із зростанням інтенсивності освітлення за обох умов стимуляції кількість реакцій збільшення реактивності спектральної потужності LF-діапазону переважала: 500 нм 400 люкс – $63.11 [16.41; 107.26]\%$, 620 нм 400 люкс – $49.26 [3.484; 81.37]\%$. Також, в обох випадках впливів по мірі посилення інтенсивності освітленості збільшувалася варіативність реактивності потужності спектру дихальних хвиль.

На рис. 3.10 представлена реактивність загальної потужності коливань тривалості інтервалу R-R за різних умов світлових впливів. Достовірно та односпрямовано зростала реактивність загальної потужності спектру в обох випадках стимуляції на рівні освітленості 400 люкс, що вказує на посилення парасимпатичних впливів. Збільшення загальної потужності спектру при освітленості 400 люкс відбувалось в основному за рахунок вірогідного збільшення даного показника в діапазоні низьких частот (від 0,04 до 0,15 Гц), що в обох випадках фотостимуляції може бути зумовлено двома причинами: по-перше, посиленням активності симпатичних впливів, а, по-друге, на

даному рівні освітленості може відбуватися підвищення спонтанної барорефлекторної чутливості.

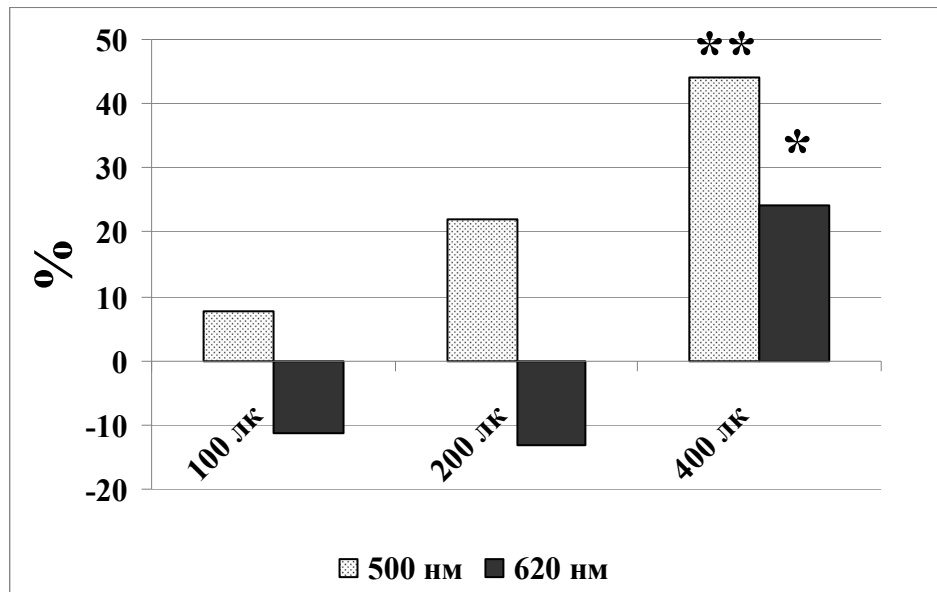


Рис. 3.10. Реактивність загальної потужності коливань тривалості інтервалу t-R-R при впливі монохромним світлом різного рівня освітленості; * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Аналіз частоти максимального піку за допомогою побудови періодограмм тривалостей R-R-інтервалів для кожного частотного діапазону (tVLF, tLF, tHF) виявив вірогідне зниження піку tLF з п'ятої по десятю хвилини стимуляції червоним світлом інтенсивністю 100 люкс до 0,084 [0,061; 0,106] Гц ($p < 0,05$) і 200 люкс до 0,099 [0,059; 0,12] Гц ($p < 0,05$) з 0,11 [0,10; 0,13] Гц. Максимальний пік tVLF значуще зростає при дії червоним світлом рівня 100 люкс з 0,003 [0,003; 0,068] Гц до 0,007 [0,003; 0,007] Гц ($p < 0,05$). Аналогічні зміни характерні і для реактивності даних показників. Так, реактивність максимального піку tVLF при впливах червоного світла була односпрямованою і достовірно збільшувалась при освітленості 100 люкс 21,43 [0,00; 133,33]% ($p < 0,05$) та 200 люкс 138,10 [0,00; 225,0]% ($p < 0,05$). Варіативність реактивності піку tLF падала по мірі посилення інтенсивності освітлення: 100 люкс -21,25 [-36,53; 2,79] %, 200 люкс -4,03 [-20,26; 5,51]%. При офтальмостимуляції зеленим світлом інтенсивністю 100 та 200 люкс

кількість реакцій зменшення показника максимального піку tVLF була більшою, при 400 люкс більш варіативною (2,08 [-20,23; 71,25]%). Реактивність максимального піку дихальних хвиль за усіх умов впливу як зеленим, так червоним світлом виявилась достатньо девіантною.

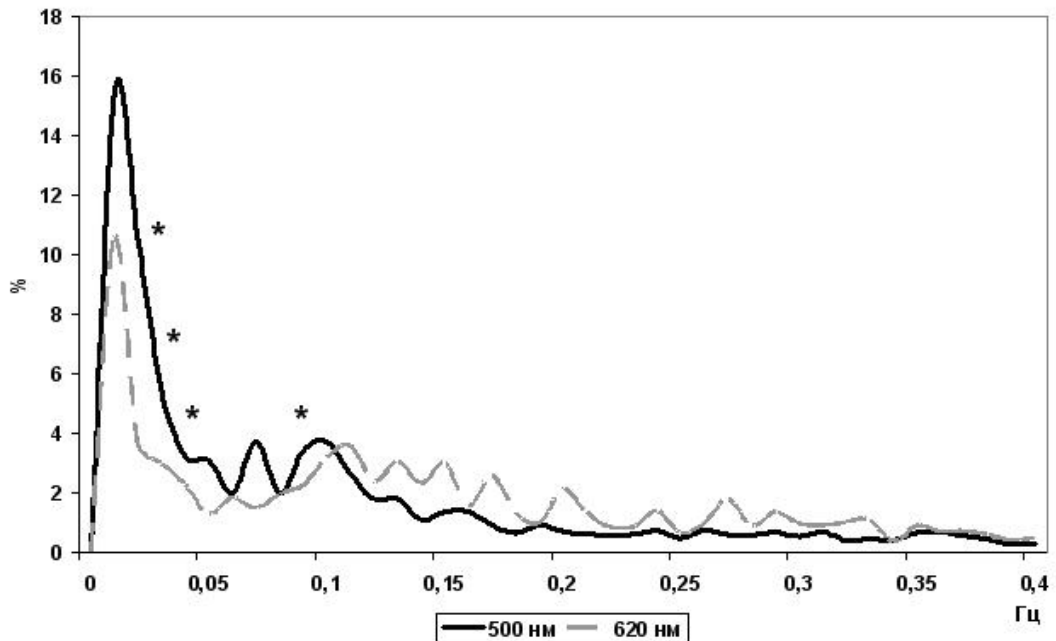


Рис. 3.11. Нормалізовані медіанні спектрограми коливань тривалості інтервалу R-R при стимуляції світлом різної довжини хвилі з рівнем освітленості 400 лк. * - $p < 0,05$

Таким чином, найбільші зрушення у коливаннях t-R-R при дії монохромного світла різної довжини хвилі спостерігаються при освітленості 400 лк. Разом з цим, звертають на себе увагу суттєві зміни хвильової структури серцевого ритму за даних умов при дії світла 500 нм. Тому проводили аналіз нормалізованих медіанних спектрограм коливань тривалості кардіоінтервалу при стимуляції світлом різної довжини хвилі з рівнем освітленості 400 лк (рис. 3.11). При фотостимуляції зеленим світлом нормалізована спектральна потужність коливань t-R-R значуще більша, ніж при дії червоного світла в діапазоні дуже низьких частот, що, цілком можливо, відображає збільшення активності центральних механізмів регуляції діяльності ССС та ренін-ангіотензинової системи. Значущі

відмінності потужності коливань ритму серця на частоті 0,09 Гц свідчать про підвищення чутливості барорефлексу, який оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц [378, 379].

Одним із важливих показників, що характеризують насосну функцію серця, являється ударний об'єм крові. УОК, як відомо, . Ступінь коливань УОК при фізичних навантаженнях у порівнянні зі спокоєм відображає рівень резервних можливостей серцевого м'яза [29, 244]. Головним механізмом росту УОК при фізичних навантаженнях є посилення симпатичних та пригнічення парасимпатичних впливів [28].

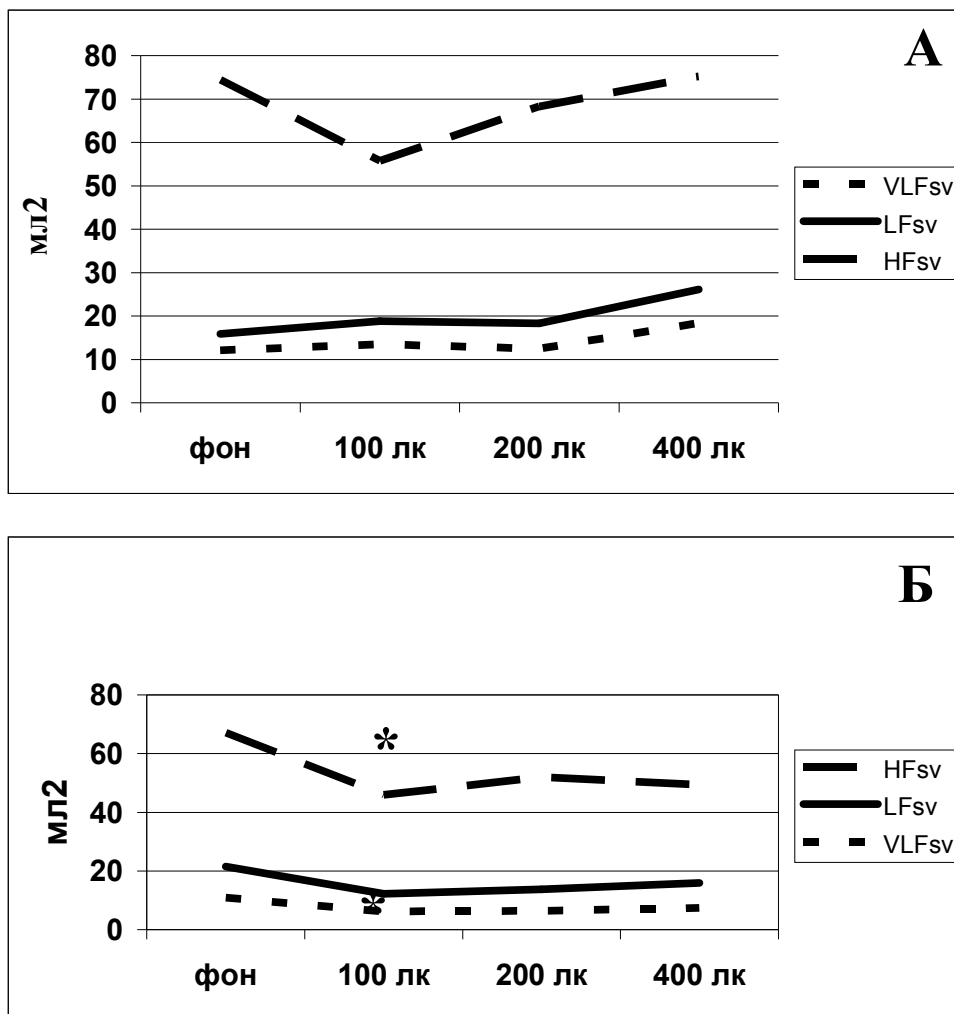


Рис. 3.12. Зміни хвильової структури показників ударного об'єму крові у спокою та при монохромній фотостимуляції світлом довжини хвилі 500 нм (А) та 620 нм (Б); * - $p < 0,05$

Зміни хвильової структури показників ударного об'єму крові у спокої та при монохромній фотостимуляції світлом різної довжини хвилі представлені на рис. 3.12. При офтальмостимуляції світлом довжиною хвилі 620 нм виявлено зменшення спектральної потужності в усіх частотних діапазонах (VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv}), а при освітленості 100 люкс у дуже низькочастотному та діапазоні дихальних хвиль дані зміни набували статистичної значущості – VLF 6,2 [4,8; 10,0] $мл^2$ ($p < 0,05$), HF 33,8 [19,7; 52,6] $мл^2$ ($p < 0,05$) у порівнянні із вихідним станом відповідно 10,9 [3,2; 27,1] $мл^2$ і 45,6 [24,5; 83,1] $мл^2$. Разом з тим, аналіз реактивності показників коливань УОК за даних умов показав вірогідне переважання реакцій зменшення спектральної щільності і в діапазоні низьких частот -25,7 [-48,4; 3,7] %.

За рахунок зменшення спектральної потужності в усіх діапазонах спектру виявлено значуще зниження загальної потужності спектру від фонового рівня (71,4 [50,6; 109,9] $мл^2$) за всіх умов впливу червоним світлом: 100 люкс 47,5 [29,6; 67,9] $мл^2$ ($p < 0,01$), 200 люкс 58,3 [32,2; 72,1] $мл^2$ ($p < 0,05$), 400 люкс 54,4 [39,5; 65,9] $мл^2$ ($p < 0,05$). Разом з тим, достовірна односпрямованість реакцій зменшення загальної потужності спектру спостерігалася лише при інтенсивності освітлення 100 люкс (-22,1 [-41,9; -8,5] %).

При впливах світлом довжини хвилі 500 нм за всіх умов освітленості потужність спектру зростала в діапазонах від 0 до 0,04 Гц та від 0,04 Гц до 0,15 Гц у порівнянні із вихідним станом, але вірогідних відмінностей не виявлено. Про пригнічення парасимпатичних впливів при стимуляції зеленим світлом освітленості 400 люкс свідчить значуще зниження $HFnorm^{sv}$ з 82,0 [73,9; 88,6] % до 76,1 [69,3; 80,3] % ($p < 0,05$). На відміну від стимуляції світлом довжини хвилі 620 нм, при впливах монохромним світлом 500 нм загальна потужність спектру значуще зростала з 106,0 [66,4; 151,2] $мл^2$ до 109,3 [84,1; 130,1] $мл^2$ ($p < 0,05$) при 200 люкс та 109,9 [96,2; 150,7] $мл^2$ ($p < 0,01$) при 400 люкс.

Значуще зростання максимального піку $tVLF^{sv}$ при дії зеленого світла рівня 200 люкс (0,013 [0,006; 0,023] Гц ($p < 0,05$)) та червоного 200 люкс (0,085 [0,007; 0,018] Гц, ($p < 0,05$)) і 400 люкс (0,012 [0,005; 0,023] Гц, ($p < 0,05$)) можна пояснити активацією гуморально-метаболических механізмів регуляції ССС. Достовірне зниження максимального піку tLF , що характеризує симпатичні впливи, спостерігається при освітленні 200 люкс червоного світла з 0,096 [0,085; 0,11] Гц до 0,06 [0,05; 0,10] Гц, ($p < 0,05$). Аналіз реактивності показників частоти максимального піку на періодограмі за обох умов світлостимуляції tHF^{sv} та tLF^{sv} на початкових етапах дії зеленого світла показав їх варіативність. Статистично значуща односпрямованість реактивності показників частоти максимального піку в VLF-діапазоні виявлена при впливах червоним світлом інтенсивності 200 люкс 116,7 [35,7; 133,3]% та 400 люкс 133,3 [0; 372,6]%

Завдяки механізму саморегуляції судинного тонузу забезпечується стабільність кровопостачання органу чи тканини [7, 70, 164, 203, 101]. Тому досліджували зміни показників варіабельності периферичного кровообігу та їх реактивність за різних умов експериментальних впливів.

При впливах зеленим світлом інтенсивності 100 люкс та 400 люкс LF значуще підвищилось відповідно до 140 [108; 198] у.о. ($p < 0,05$) та 189 [142; 292] ($p < 0,05$) у.о. у порівнянні із вихідним станом (84 [61; 246] у.о.). Високочастотна складова потужності спектру за обох умов світлових впливів поступово збільшувалася відповідно посиленню інтенсивності освітленості. З п'ятої по десяту хвилини стимуляції червоним світлом рівня 200 люкс (182 [85; 268] у.о.) та у перехідному періоді інтенсивності 400 люкс (181 [102; 316] у.о.) зміни HF були достовірними ($p < 0,05$). При дії зеленого світла інтенсивності 400 люкс потужність спектру в діапазоні дихальних хвиль значущо зростала до 294 [169; 389] у.о. ($p < 0,01$) у порівнянні зі станом спокою 105 [66; 252] у.о.. В той же час статистично значущих відмінностей нормалізованої потужності спектру в HF-діапазоні, що характеризують вагусні впливи на регуляцію діяльності ССС не виявлено, хоча тенденція до

їх незначного збільшення спостерігалася за обох умов. Таким чином, в обох випадках дії світлового подразника виявлено одночасну активацію симпатичної та парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи.

Цікаві зміни виявлено при аналізі показників загальної потужності спектру, що характеризують впливи вищих вегетативних центрів гіпоталамо-гіпофізарного рівня [11]. При стимуляції зеленим світлом інтенсивності 100 та 200 люкс показник TP зменшується з 569 [307; 809] мс² (у фоні) до 384 [352; 659] у.о. та 513 [322; 768] у.о. відповідно, що є свідченням переходу управління в режим термінової мобілізації функціональних резервів. Та подальше значуще зростання загальної потужності спектру при освітленості 400 люкс (703 [505; 1055] у.о.) ($p < 0,05$) вказує на активацію автономного рівня регуляції гемодинаміки та підвищення адаптаційних можливостей організму в цілому [11]. При стимуляції червоним світлом виявлено тенденцію до зростання загальної спектральної потужності за різних умов освітлення.

Частота максимального піку tVLF значущо зростала при стимуляції світлом довжини хвилі 500 нм інтенсивності 400 люкс до 0,02 [0,01; 0,03] Гц ($p < 0,01$) (у фоні 0,01 [0,00; 0,01] Гц). Цікавим є той факт, що за даних умов (500 нм, 100 люкс) одночасно із достовірним збільшенням симпатичної активності вірогідно зменшується частота повільних хвиль показників тону периферичних судин до 0,05 [0,04; 0,06] Гц ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою 0,06 [0,04; 0,07] Гц, на інших рівнях освітленості (200 та 400 люкс) зберігається аналогічна тенденція. При впливах монохромного світла довжини хвилі 620 нм достовірно збільшувалися tHF (у фоні 0,25 [0,25; 0,27] Гц) з п'ятої по десяту хвилини інтенсивності 200 люкс (0,26 [0,26; 0,29] Гц) та весь період 400 люкс (0,28 [0,27; 0,29] Гц, 0,28 [0,27; 0,30] Гц) ($p < 0,05$).

Аналіз реактивності показників тону периферичних судин при стимуляції зеленим світлом виявив, що із посиленням інтенсивності освітленості зростала кількість реакцій збільшення окремих показників (VLF, LF, HF, TP), при тому, на рівні 400 люкс значущо. Реактивність інших

показників із посиленням інтенсивності освітлення ставала більш девіантною (при 100 люкс tLF – -24,3 [-34,24; 2,6]%, tHF – 2,9 [-4,0; 4,3]%, HFnorm – -19,8 [-29,3; -6,7]%; при 400 люкс відповідно -1,1 [-28,6; 75,9]%, 0,8 [-4,8; 4,1], -0,9 [-10,9; 48,4]%).

Аналіз реактивності VLF та LF при стимуляції світлом довжини хвилі 620 нм виявив зростання реакцій зменшення даних показників по мірі посилення інтенсивності освітлення (VLF 4,3 [-15,5; 14,6]% (100 люкс), LF 6,4 [-0,1; 83,3]% (200 люкс), при 400 люкс відповідно -24,3 [-72,3; 107,8]% та -1,6 [-13,9; 12,3]%). Більш односпрямованою була реактивність HF та tVLF, при тому кількість реакцій зростання HF збільшувалася по мірі посилення рівня освітленості (6,8 [-13,7; 15,5]% (100 люкс), 57,7 [8,4; 97,9]% (400 люкс)), а зміни реактивності tVLF мали протилежний характер – 183,3 [33,34; 233,3]% (100 люкс), 116,7 [0,00; 308,3]% (400 люкс). Найбільш варіативною виявилась реактивність TP при освітленості 400 люкс – 1,1 [-13,7; 42,9]% ($p < 0,05$) у порівнянні із 100 люкс – 8,9 [5,1; 16,0]%).

Існує думка, що низькочастотні коливання з частотою біля 0,1 Гц, які виявляються в різних відділах серцево-судинної системи (ритм серця, кровонаповнення судин мікроциркуляторного русла, коливання рівня кров'яного тиску в аорті) характеризують властивості центральної ланки вегетативної регуляції [82]. При цьому дані 0,1 Гц-ритми можуть бути синхронізовані між собою [305, 376]. Виявлення синхронізації являється результатом адекватної взаємодії механізмів вегетативної регуляції відділів ССС [82, 45, 13]. Відомо, що 0,1 Гц-коливання варіабельності серцевого ритму знаходяться у певних функціональних взаємовідносинах з різними сенсорними системами людини, а також відділами центральної нервової системи, які відповідають за вищу нервову діяльність [341].

При стимуляції зеленим світлом (табл.3.6) відмічена значуще більша амплітуда позитивних піків у низькочастотному діапазоні (LF_{max}) при інтенсивності освітлення 400 люкс 31,53 [22,19; 56,65] мс·мл ($p < 0,05$) на частоті 0,08 [0,06; 0,1] Гц у порівнянні із фоном 18,57 [10,24; 26,10] мс·мл.

Такі зміни можуть свідчити про посилення спонтанної барорефлекторної чутливості за даних умов як внаслідок збільшення кровонаповнення органів грудної клітки, так і активації симпатичної ланки ВНС.

Таблиця 3.6

Показники крос-спектрального аналізу коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R при офтальмофотостимуляції світлом різної довжини хвилі в діапазоні від 0,04 Гц до 0,15 Гц

Показники	Спок	100 лк	200 лк	400 лк
500 нм				
LFмакс, мс·мл	18,57 [10,24; 26,10]	16,88 [9,36; 29,32]	25,25 [7,68; 35,97]	31,53* [22,19; 56,65]
tLFмакс, Гц	0,065 [0,05; 0,087]	0,1* [0,09; 0,11]	0,085 [0,06; 0,103]	0,08 [0,06; 0,1]
620 нм				
LFмакс, мс·мл	13,03 [3,53; 23,13]	8,41 [4,60; 29,45]	12,65 [10,72; 26,18]	19,05 [14,27; 35,01]
tLFмакс, Гц	0,11 [0,095; 0,13]	0,11 [0,09; 0,11]	0,08 [0,07; 0,13]	0,1 [0,065; 0,11]

Примітка. * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ у порівнянні з фоном

Значуще зростання максимального піку tLF, що характеризує симпатичні впливи, спостерігається з п'ятої по десятю хвилини інтенсивності 100 люкс 0,1 [0,09; 0,11] Гц ($p < 0,05$) та перехідному періоді 400 люкс 0,09 [0,07; 0,11] Гц ($p < 0,05$) стимуляції зеленим світлом (фоновий рівень 0,065 [0,05; 0,087] Гц). Максимальний пік tVLF при дії зеленого світла вірогідно зростав з 0,01 [0,01; 0,02] Гц до 0,03 [0,02; 0,03] Гц ($p < 0,05$) з п'ятої по десятю хвилини інтенсивності 200 люкс. tVLFmin значуще нижчим був у перехідному періоді інтенсивності освітлення 400 люкс 0,02 [0,01; 0,04] Гц ($p < 0,05$).

При офтальмостимуляції червоним світлом виявлено тенденцію до поступового зростання LFmax, VLFmax, VLFmin по мірі посилення інтенсивності освітлення із максимальними значеннями на рівні 400 люкс відповідно 19,05 [14,27; 35,01] мс·мл, 63,44 [34,94; 86,16] мс·мл, 7,76 [0,08; 13,12] мс·мл.

Аналіз реактивності показників амплітуди крос-спектральної потужності показав, що за обох умов експериментальних впливів найбільш односпрямовано змінювалися LFmax, VLFmax у бік зростання кількості реакцій збільшення, а VLFmin – реакцій зменшення даних показників. Значущо нижчими були показники реактивності tLFmax при дії червоного світла інтенсивності 100 люкс (-16,67 [-19,17; 1,19]%, -16,67 [-35,0; 1,39]%) та перехідному періоді 400 люкс (-13,33 [-23,75; 3,27]%) ($p < 0,05$). Найбільша девіантність реактивності виявлена tVLFmax та tVLFmin при впливах зеленим світлом інтенсивності 100 та 400 люкс та червоним за усіх умов впливів.

Існування в ССС різних коливальних процесів, таких як ритм серця, дихання, кровообіг та система їх вегетативної регуляції, передбачає функціональну взаємодію їх на різних рівнях організації [261, 163, 287]. Найбільш вираженою є взаємодія ССС та дихальної систем [160, 51, 389]. Механізм кардіореспіраторної взаємодії згідно сучасним уявленням має змішану природу: барорефлекторну [309] та центрогенну [380].

Аналіз тривалості складових спіроінтервалу при впливах світлом довжини хвилі 500 нм виявив статистично значуще зменшення як тривалості вдиху з 1424 [1318; 1781] мс до 1352 [1232; 1429] мс ($p < 0,05$), так і тривалості видиху з 2272 [1657; 2437] мс до 2142 [2073; 3081] мс ($p < 0,05$) на рівні освітленості 400 люкс. При стимуляції світлом довжини хвилі 620 нм 400 люкс значущо зменшувалася тривалість видиху з 1845 [1715; 2368] мс до 1633 [1550; 1935] мс ($p < 0,05$). Такі зміни можуть свідчити про посилення симпатичних впливів на регуляцію дихання.

Співвідношення тривалості вдиху до видиху достовірно зменшувалося з 0,78 [0,70; 0,83] у.о. до 0,61 [0,46; 0,78] у.о. ($p < 0,05$) при інтенсивності 200 люкс та 0,63 [0,43; 0,69] у.о. ($p < 0,05$) інтенсивності 400 люкс зеленого світла, що свідчить про прискорення інспіраторної фази дихання у порівнянні з експіраторною. У випадку стимуляції червоним світлом інтенсивності 200 люкс співвідношення тривалості вдиху до видиху значуще збільшується до 1,04 [0,96; 1,26] у.о. ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою 1,04 [0,87; 1,13] у.о.. Вірогідних змін варіабельності спіроінтервалів за обох варіантів світлових впливів не виявлено.

Реактивність показників тривалості спіроінтервалів як при дії зеленого, так і червоного світла різного рівня освітленості була достатньо варіативною: 500 нм – 100 люкс - 0,9 [9,7; 12,7]%, 200 люкс - 4,3 [3,3; 9,8]%, 400 люкс - 2,5 [-2,6; 8,6]%, 620 нм відповідно – -2,2 [-16,4; 3,9]%, 0,5 [-14,0; 3,4]%, -1,4 [-11,2; 3,3]%, хоча кількість реакцій зменшення за другого варіанту впливів переважала над реакціями зростання даних показників. Реактивність тривалості вдиху при дії червоного світла була значуще варіативною (400 люкс 3,1 [-8,3; 6,6]%) ($p < 0,05$)), в той час як при впливах світлом зеленого кольору носила більш односпрямований характер (100 люкс -25,6 [-30,4; -13,6]%, 400 люкс -21,4 [-25,7; -21,1]%). При стимуляції зеленим світлом кількість реакцій зростання показників тривалості видиху переважала, при дії червоного світла навпаки значуще переважала кількість реакцій зменшення даного показника при освітленості 400 люкс -7,3 [-12,9; -0,2]%) ($p < 0,05$). При експериментальних впливах монохромного світла довжини хвилі 620 нм на усіх рівнях освітленості значущо односпрямованою біла реактивність показника співвідношення тривалості вдиху до видиху: 100 люкс 6,7 [1,7; 9,5]%) ($p < 0,01$), 200 люкс 12,1 [4,6; 23,1]%) ($p < 0,05$), 400 люкс 11,9 [6,6; 16,2]%) ($p < 0,05$). Також за даних умов дії світлового подразника у перехідному періоді освітленості 400 люкс реактивність cV була достовірно більшою 16,5 [-11,5; 22,1]%) ($p < 0,05$).

Отже, офтальмостимуляція монохромним світлом різної довжини хвилі та інтенсивності освітленості призводить до суттєвих змін центральної гемодинаміки: зменшення серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшення кровонаповнення органів грудної клітки, зростання загального периферичного опору судин. За показниками хвильової структури серцевого ритму при інтенсивності освітленості 400 лк відбувається посилення активності симпатичної складової вегетативної нервової системи разом із суттєвим підвищенням його варіативності як маркера зростання активності парасимпатичних впливів. Більш суттєві зміни показників варіабельності серцевого ритму виявлено при офтальмостимуляції світлом довжини хвилі 500 нм з рівнем освітленості 400 лк, тому подальші дослідження впливу офтальмофотостимуляції проводили за даних експериментальних умов.

3.3. Вплив імпульсного світла на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму

Останнім часом вивчається вплив імпульсного світла на нейрогуморальну регуляцію серцево-судинної системи [154, 47, 99, 100, 33], проводяться дослідження по вивченню функціонального домінування півкуль головного мозку на регуляцію ритму серця при фотостимуляції [149]. Осипова М. А та Арьков В. В. досліджували вплив ритмічної фотостимуляції різними кольорами на параметри варіаційної пульсометрії [146, 44]. Однак, як у зазначених публікаціях, так і в інших літературних джерелах недостатньо вивчені механізми впливу імпульсної стимуляції світлом на функціональний стан організму та, зокрема, зміни в регуляторних механізмах діяльності серця.

Тому задачею даного підрозділу було з'ясувати зміни стану центральної гемодинаміки та хвильових процесів серцевого ритму під впливом імпульсного світла зеленого діапазону спектру з різною частотою подачі сигналу.

Для комплексної оцінки особливостей ССС при імпульсній фотостимуляції використовували показники центральної гемодинаміки, що характеризують роботу серця та периферичний опір судин. З табл. 3.7 видно, що зміни показників центральної гемодинаміки при імпульсній фотостимуляції світлом довжиною хвилі 500 нм були суттєвими та зростали по мірі посилення частоти подачі сигналу.

Таблиця 3.7

Зміни показників центральної гемодинаміки при офтальмостимуляції з різною частотою світлом довжини хвилі 500 нм, освітленість 400 лк (n=48)

Показники	Спокій	8 Гц	12 Гц	16 Гц
t-R-R, мс	892 [823; 1030]	923* [843; 1069]	960*** [898; 1088]	971*** [908; 1110]
УІ, мл/м ²	44,5 [36,0; 48,6]	41,7** [36,9; 49,1]	40,9*** [37,0; 49,4]	40,3*** [34,0; 47,6]
СІ, мл/хв. *м ²	2868 [2303; 3309]	2696*** [2348; 3196]	2629*** [2231; 2935]	2397*** [2101; 2964]
АТсер, мм рт. ст.	86,7 [83,3; 93,0]	85,0* [81,7; 90,0]	86,7 [81,7; 90,0]	83,3** [81,7; 89,8]
ЗПОС, дін/сек*см ⁻⁵	1310 [1154; 1539]	1384 [1130; 1577]	1465*** [1242; 1688]	1518*** [1237; 1835]
КНП, у.о.	26,12 [22,03; 29,62]	26,41*** [22,42; 29,94]	26,56*** [22,53; 29,91]	26,44*** [22,60; 30,33]

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

Значущо збільшується тривалість кардіоінтервалу, при тому, на частоті 12 та 16 Гц дані зміни виявлено й у перехідному періоді відповідно 971 [892; 1062] мс, 978 [909; 1106] мс. Статистично значуще (p<0,001) зменшувались ударний та хвилинний об'єми крові, котрі характеризують рівень кровопостачання тканин та за якими класично оцінюється скоротлива

функція серцевого м'язу. При частоті імпульсації 8 Гц та 16 Гц достовірно знижується середній артеріальний тиск до 85,0 [81,7; 90,0] мм рт. ст. ($p < 0,05$) та 83,3 [81,7; 89,8] мм рт. ст. ($p < 0,01$) (у фоні 86,7 [83,3; 93,0] мм рт. ст.).

Важливим фактором, що впливає на систолічний об'єм крові є показник кровонаповнення органів грудної клітки, значуще зростання якого виявлено на усіх частотах (8, 12, 16 Гц) впливу світла довжини хвилі 500 нм. Тобто, вищезазначені зміни показників центральної гемодинаміки свідчать про зменшення активації діяльності серця за рахунок посилення вагусних та зменшення симпатичних впливів вегетативної нервової системи.

Однак, при фотостимуляції з частотою 12 та 16 Гц спостерігається значуще зростання загального периферичного опору судин з 1310 [1154; 1539] дін/сек*см⁻⁵ у спокої до 1465 [1242; 1688] дін/сек*см⁻⁵ та 1518 [1237; 1835] дін/сек*см⁻⁵ ($p < 0,001$) відповідно, обумовлене одночасною активацією симпатичної ланки автономної нервової системи та напруження механізмів, котрі відповідають за судинний тонус.

При усіх режимах імпульсної фотостимуляції (8, 12, 16 Гц) світлом довжини хвилі 500 нм значущо збільшувалася тривалість періоду вигнання, який обумовлюється величиною артеріального тиску та силою серцевих скорочень, з 299 [291; 310] мс до 302 [295; 313] мс ($p < 0,01$), 303 [294; 314] мс ($p < 0,05$), 304 [295; 313] мс ($p < 0,05$) відповідно. Період розповсюдження пульсової хвилі значущо зменшувався з п'ятої по десяту хвилини стимуляції з частотою 8 Гц (84,6 [76,7; 92,7] мс, ($p < 0,05$)) та весь період впливу на частоті 16 Гц (78,4 [67,1; 86,5] мс, ($p < 0,001$)). Про переважання периферичних впливів на регуляцію центральної гемодинаміки свідчить статистично значуще зростання показнику тону судин по мірі збільшення частоти стимуляції з 100,8 [78,0; 117,8] у.о. до 111,2 [88,1; 130,6] у.о. (8 Гц), 113,9 [97,1; 154] у.о. (12 Гц), 124,2 [98,3; 157,4] у.о. (16 Гц) ($p < 0,001$).

При ритмічній стимуляції світлом довжини хвилі 500 нм по мірі збільшення частоти імпульсації виявлено значуще зниження об'ємної

швидкості викиду крові за 1 секунду (ОШВ) та потужності серцевих скорочень при переміщенні крові за хвилину (ПСС) з 275,7 [230,6; 314,7] мл·с⁻¹ та 3,27 [2,67; 3,70] Вт відповідно до 256,9 [227,9; 299,5] мл·с⁻¹ та 2,92 [2,58; 3,45] Вт (8 Гц), 261,9 [224,3; 292,2] мл·с⁻¹ та 2,94 [2,56; 3,48] Вт (12 Гц), 243,5 [205,3; 280] мл·с⁻¹ та 22,85 [2,27; 3,18] Вт (16 Гц), ($p < 0,001$), що відображає посилення тонулу блукаючого нерву та переважання холінергічних впливів.

При частоті імпульсації 8 Гц та 16 Гц спостерігається статистично значуще зниження показника витрат енергії серцевим м'язом на переміщення 1 літру крові до 11,33 [10,88; 11,81] Вт/л та 11,11 [10,88; 11,97] Вт/л, ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою (11,55 [11,11; 12,28] Вт/л, що вказує на економізацію роботи серця за даних умов світлових впливів.

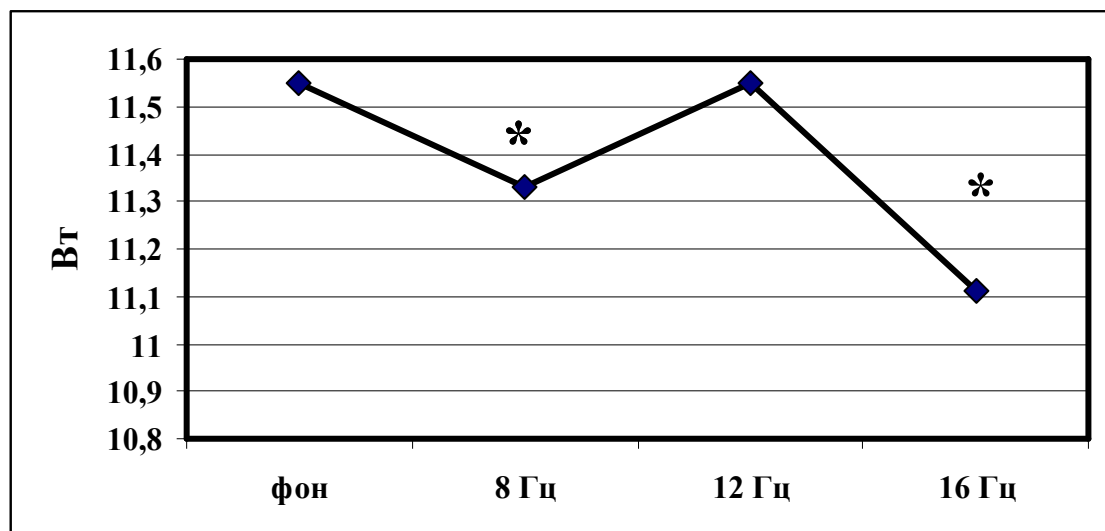


Рис. 3.13. Витрати енергії серцевим м'язом на переміщення 1 літру крові при імпульсній фотостимуляції; * - $p < 0,05$ у порівнянні зі спокоєм

Аналіз реактивності показників центральної гемодинаміки виявив його значну варіативність за різних умов дії світлового подразника, при чому відмінності спостерігались між частотою 8 Гц та 12 Гц, 8 Гц та 16 Гц, 12 Гц та 16 Гц. Так, значущо зростала кількість реакцій збільшення тривалості R-R-інтервалу між частотою 8 Гц та 12 Гц (5,08 [1,44; 8,80]%), 8 Гц та 16 Гц (6,84 [1,51; 10,21]%), ($p < 0,001$). При стимуляції зеленим світлом з частотою 12 Гц

та 16 Гц реактивність ударного та серцевого об'ємів крові, загального периферичного опору судин та кровонаповнення органів грудної клітки достовірно відрізнялась від реактивності при 8 Гц і становила відповідно - 4,07 [-10,57; 0,43]%, -8,77 [-14,72; -3,41]%, 9,39 [-1,06; 20,85]%, 1,62 [0,56; 2,07]% (12 Гц), -4,99 [-11,75; 1,06]%, -8,97 [-15,28; -4,56]%, 8,65 [1,48; 19,15]%, 2,21 [1,07; 3,33]%, ($p < 0,05$) (16 Гц). Між частотою імпульсації 12 Гц та 16 Гц значущі відмінності виявлено в реактивності серцевого індексу (-8,97 [-15,28; -4,56]%), середнього артеріального тиску (-3,51 [-6,14; 1,88]%) та кровонаповнення органів грудної клітки (2,21 [1,07; 3,33]%). Реактивність періоду розповсюдження пульсової хвилі, показника тону судин та об'ємної швидкості викиду крові достовірно відрізнялись між частотами 8 Гц та 12 Гц, 8 Гц та 16 Гц, 12 Гц та 16 Гц. Слід відмітити, що найбільш односпрямовано зростала реактивність показнику тону судин на частотах 12 та 16 Гц.

Детальний аналіз показників ВСР [224, 244, 226, 305] у стані спокою та при імпульсній фотостимуляції виявив суттєві зміни в регуляторних механізмах діяльності серця (табл 3.8). Відбувалось значуще зростання потужності спектру з 5-ї по 10-ту хвилину в діапазоні низьких та дуже низьких частот при впливах за частотою 12 і 16 Гц та перехідному періоді 16 Гц (1521 [886; 3038] мс^2 , 1848 [1015; 3348] мс^2), ($p < 0,01$) у порівнянні із вихідним станом (877 [611; 1520] мс^2 , 1202 [610; 2247] мс^2), що свідчить про активацію симпатичної модуляції серцевого ритму та посилення активності центральних та гуморально-метаболических впливів [10, 244].

Статистично значимих змін потужності спектру в діапазоні високих частот не виявлено, хоча тенденція до зростання НФ простежується. Однак, достовірно зменшувалась відносна потужність високочастотної складової на усіх частотах імпульсної стимуляції, яка характеризує пригнічення вагусних впливів на серце та активність автономного контуру його регуляції. При цьому значуще зростає загальна потужність спектру з 3886 [2477; 6108] мс^2 до 5910 [3943; 8105] мс^2 (12 Гц) та 6164 [3871; 10535] мс^2 (16 Гц) ($p < 0,01$), що

відбувалось в основному за рахунок ущільнення спектральної потужності VLF- та LF-діапазонах.

Таблиця 3.8

Показники хвильової структури серцевого ритму при імпульсній офтальмостимуляції (з 5-ї по 10-ту хвилини)

Показники	Спокій	8 Гц	12 Гц	16 Гц
VLF, мс ²	1202 [610; 2247]	1069 [600; 2681]	2044** [1068; 3408]	1560** [1125; 3700]
LF, мс ²	877 [611; 1520]	1040 [662; 1497]	1394** [1082; 2155]	1592*** [1116; 2770]
HF, мс ²	1459 [923; 2467]	1576 [676; 2195]	1805 [846; 2879]	1991 [1257; 3659]
tVLF, Гц	0,006 [0,003; 0,01]	0,007 [0,003; 0,013]	0,007 [0,003; 0,01]	0,007 [0,003; 0,01]
tLF, Гц	0,093 [0,067; 0,122]	0,094 [0,067; 0,108]	0,095 [0,082; 0,111]	0,085 [0,066; 0,123]
tHF, Гц	0,216 [0,171; 0,267]	0,262* [0,203; 0,318]	0,242 [0,175; 0,309]	0,273* [0,186; 0,301]
HFnorm, у.о.	60,69 [52,23; 73,82]	56,80* [46,88; 68,40]	53,17** [48,15; 65,29]	56,00** [46,82; 61,52]
TP, мс ²	3886 [2477; 6108]	3620 [2364; 7120]	5910** [3943; 8105]	6164** [3871; 10535]

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

Більш детальний аналіз змін варіабельності серцевого ритму за допомогою медіанних спектрограм при імпульсній фотостимуляції у порівнянні із станом спокою виявив вірогідні відмінності в діапазоні дихальних хвиль на частоті 0,26 (8 Гц) та 0,27 (16 Гц) (p<0,05). Достовірних

відмінностей у діапазоні низьких та дуже низьких частот не виявлено. Значущі відмінності в діапазоні повільних хвиль можуть свідчити про посилення впливу блукаючого нерву за даних умов ритмічної стимуляції.

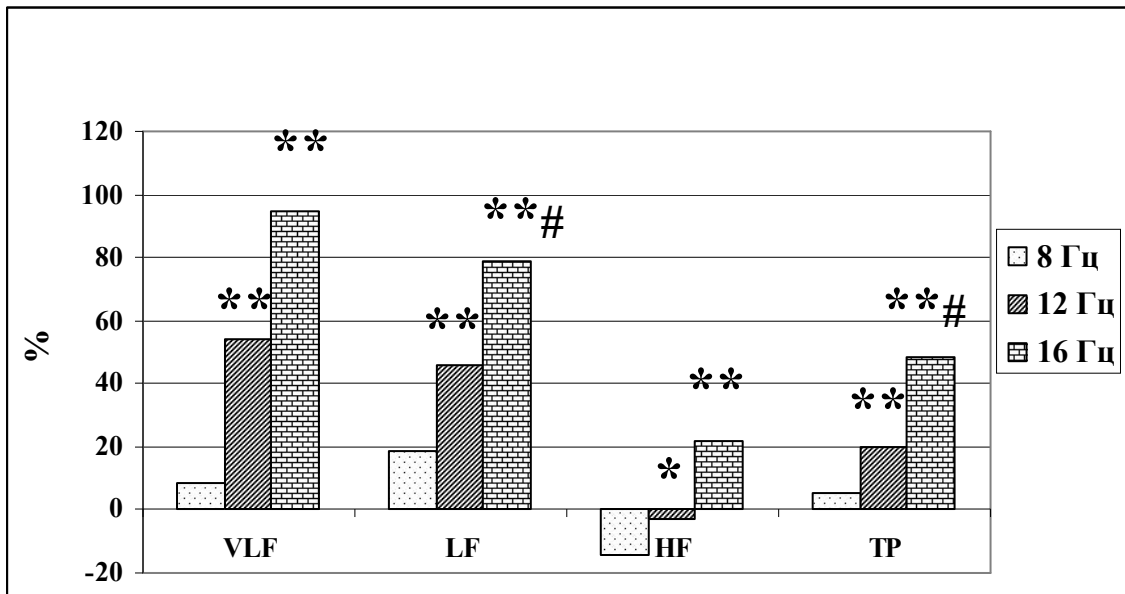


Рис. 3.14. Реактивність показників варіабельності серцевого ритму при імпульсній фотостимуляції; * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ у порівнянні із 8 Гц, # - $p < 0,05$ у порівнянні з 12 Гц

Аналіз реактивності показників варіабельності серцевого ритму показав, що по мірі посилення частоти імпульсації (8 Гц, 12 Гц, 16 Гц) значущо зростала кількість односпрямованих реакцій VLF – 8,44 [-35,55; 92,66]%, 54,30 [-24,53; 176,37]%, 94,93 [21,17; 272,04]%, LF – 18,40 [-30,91; 54,67]%, 46,17 [-12,74; 114,02]%, 78,65 [15,78; 138,95]%, TP – 5,36 [-32,45; 37,29]%, 20,09 [-16,52; 85,3]%, 48,64 [-7,98; 129,50]% (рис. 3.14). Разом з тим, реактивність таких показників як LF та TP достовірно різнилися як між частотами 8 Гц та 12 Гц, 8 Гц та 16 Гц, так і між 12 Гц та 16 Гц. Цікавим був той факт, що кількість реакцій зменшення HF на частоті 8 Гц була більшою, ніж реакцій збільшення, в подальшому по мірі посилення інтенсивності імпульсації кількість реакцій зменшення вірогідно падала -2,89 [-35,71; 45,56]% (12 Гц), а на частоті 16 Гц кількість реакцій зростання HF переважала – 22,06 [-20,75; 82,21]% ($p < 0,01$), хоча достовірного зростання спектральної потужності спектру в діапазоні дихальних хвиль не виявлено. В

той же час при ритмічній стимуляції з частотою 16 Гц значущо переважала кількість реакцій зменшення HF_{norm} -17,06 [-30,97; 3,71]%.

Аналіз варіабельності показників ударного об'єму крові за різних умов імпульсної стимуляції виявив тенденцію до зниження спектральної потужності в усіх частотних діапазонах (VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv}). У порівнянні зі станом спокою 10,4 [8,0; 17,3] $мл^2$ значущо меншою була спектральна потужність коливань УОК у VLF-діапазоні – 7,2 [3,4; 12,3] $мл^2$ (8 Гц) та 8,7 [3,9; 13,7] $мл^2$ (12 Гц) (рис. 3.15). Достовірних відмінностей в діапазоні низьких хвиль не виявлено. Значуще меншою HF^{sv} була при частоті стимуляції 8 Гц (31,6 [18,7; 68,3] $мл^2$, ($p<0,05$)) та 16 Гц (33,2 [20,0; 94] $мл^2$, ($p<0,05$)) при вихідних даних 41,2 [21,3; 81,5] $мл^2$. Про пригнічення парасимпатичних впливів на діяльність серцевого м'язу свідчить і значуще зменшення HF_{normsv} з 82,39 [68,30; 89,77]% до 78,75 [57,17; 86,90]%, ($p<0,05$) на частоті 16 Гц. Загальна потужність спектру при імпульсній стимуляції світлом довжини хвилі 500 нм становила 51,6 [33,2; 110,1] $мл^2$ на частоті 8 Гц, 12 Гц – 63,3 [39,6; 132,2] $мл^2$, 16 Гц – 70,7 [33,7; 124,7] $мл^2$ (у спокої – 68,0 [44,3; 118,8] $мл^2$).

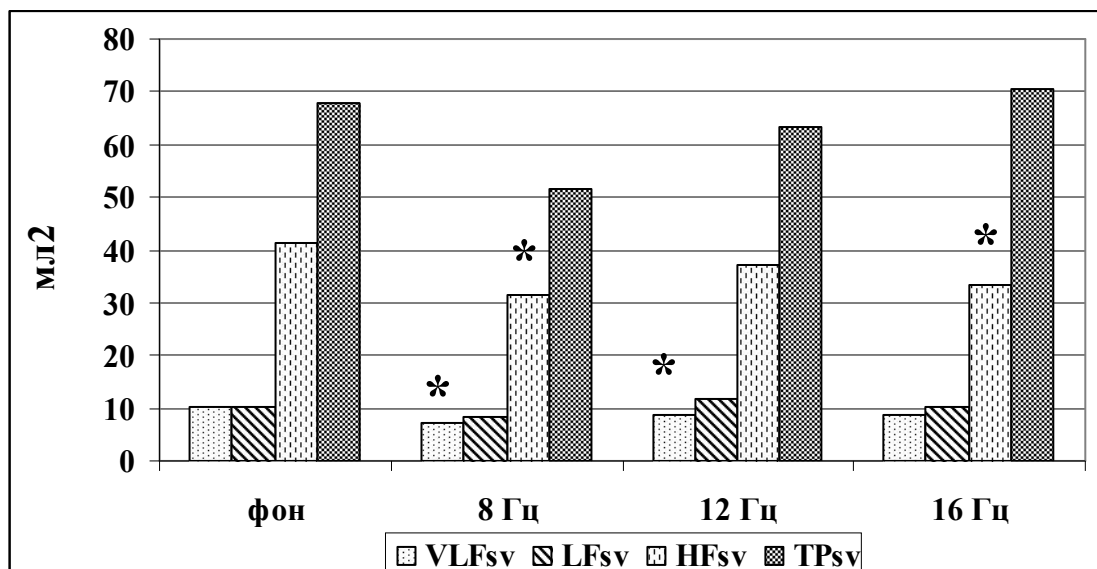


Рис. 3.15. Показники хвильової структури УОК при імпульсній офтальмофотостимуляції; * - $p<0,05$

Для подальшого аналізу змін в регуляторних механізмах діяльності серця будували медіанні спектрограми коливань УОК. Виявлено значуще зростання максимального піку $tVLF^{sv}$ на частоті 0,013 Гц при впливах імпульсним світлом з частотою подачі сигналу 12 Гц, що вказує на активацію центрів енерго-метаболичного обміну [11]. В діапазоні дихальних хвиль значущі відмінності виявлено за усіх умов імпульсної стимуляції на частотах 0,28 Гц (8 Гц та 12 Гц), ($p < 0,01$) та 0,29 Гц (16 Гц), ($p < 0,05$), що характеризує посилення вагусних впливів та активності механізмів саморегуляції [11, 133].

Аналіз реактивності показників варіабельності УОК при ритмічних впливах світлом показав, що для більшості з них притаманна широка девіантність змін. Так, реактивність $VLFsv$ при імпульсації з частотою 16 Гц (4,77 [-43,17; 92,5]%) значущо різнилась від реактивності даного показника як на частоті 8 Гц (-40,66 [-71,71; 20,67]%), так і 12 Гц (-24,71 [-52,96; 12,48]%), ($p < 0,05$). Достовірно більшою була кількість реакцій зростання $LFsv$ на частоті 16 Гц (16,89 [-22,91; 82,30]%) у порівнянні із частотою 8 Гц (-9,68 [-40,65; 23,66]%). Реактивність максимального піку $tVLF$ при світлових впливах частоти 16 Гц була найбільш варіативною – 0,00 [-62,12; 133,33]%, порівняно зі зрушеннями при 12 Гц 75,00 [0,00; 333,33]%, ($p < 0,01$).

Для виявлення хвильової структури зв'язку часових рядів УОК та т-R-R застосовували побудову медіанних крос-періодограм (рис. 3.16). Крос-спектральний аналіз частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові виявив значуще збільшення синхронізації даних показників у LF-діапазоні (0,09 Гц) при частоті імпульсації 16 Гц у порівнянні з фоном (LF_{max} становив 15,74 [7,91; 26,89] мс·мл, ($p < 0,05$)), що може свідчити про підвищення чутливості барорефлексу, який оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц [265]. VLF_{min} достовірно зменшувався у порівнянні із вихідним станом 2,81 [-1,02; 6,75] мс·мл до -0,99 [-4,73; 2,57] мс·мл ($tVLF_{min}$ – 0,03 Гц) на частоті подачі світлового подразника 8 Гц та перехідному періоді 12 Гц (0,72 [-3,73; 3,78] мс·мл).

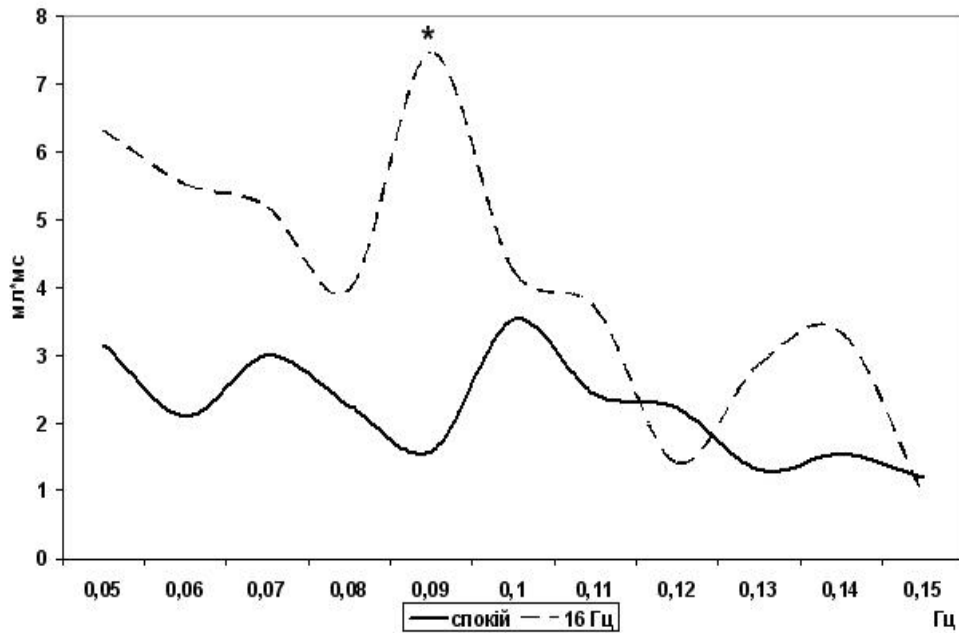


Рис. 3.16. Медіанні крос-періодограми коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові у спокої та при стимуляції зеленим світлом з частотою імпульсації 16 Гц. * - $p < 0,05$ у порівнянні із фоновим рівнем

Аналіз реактивності показників амплітуди крос-спектральної потужності показав, що найбільш односпрямовано змінювались LF_{max} та VLF_{max} - на частоті імпульсації 16 Гц реактивність даних показників (56,29 [-15,33; 198,76]%, 40,53 [-28,49; 182,93]%) значуще різнилась від частоти 8 Гц (4,45 [-53,42; 65,42]%, -16,09 [-71,37; 66,46]%) відповідно. Кількість реакцій зменшення VLF_{min} переважала при частоті подачі світлового подразника 8 Гц (-70,53 [-127,40; 11,80]%), поступово зменшуючись по мірі посилення частоти імпульсації – -57,13 [-114,20; 149,45]% (12 Гц), -38,25 [-153,80; 26,16]% (16 Гц). Реактивність показників максимального піку амплітуди крос-спектральної потужності характеризувалась значною варіативністю.

Спектральний аналіз показників тону судин периферичних судин [14, 110, 292] (рис. 3.17), який рефлекторно регулюється автономною нервовою системою, дозволяє детально розглянути зміни в регуляторних механізмах діяльності серця за різних умов імпульсної фотостимуляції.

Визначено, що при імпульсній стимуляції світлом довжини хвилі 500 нм з частотою подачі сигналу 8 Гц достовірно зменшується потужність

спектру в діапазоні дуже низьких частот з 205,3 [59,7; 451,7] у.о. до 105,7 [55,7; 211,6] у.о., ($p < 0,01$) в перехідному та до 173,0 [63,9; 336,8] у.о. ($p < 0,05$) в основному періоді сенсорного впливу (рис. 3.17). На інших частотах ритмічної фотостимуляції вірогідних відмінностей в VLF-діапазоні не виявлено. По мірі посилення частоти імпульсації статистично значущо зростала потужність спектру в LF- та HF-діапазонах відповідно до 111,4 [50,6; 159,0] у.о. та 127,8 [60,8; 198,3] у.о. при 8 Гц, 133,3 [62,8; 299,4] у.о. та 166,1 [77,2; 193,5] у.о. при 12 Гц, 159,9 [66,4; 249,8] у.о. та 195,1 [111,5; 426,9] у.о. у порівнянні зі станом спокою – 64,0 [31,8; 134,9] у.о. та 92,2 [43,4; 147,9] у.о., що вказує на одночасну активацію як симпатичної, так і парасимпатичної ланок автономної нервової системи. Більша варіативність коливань тону судин може розглядатись як позитивна прогностична ознака підвищення пристосувальних можливостей організму.

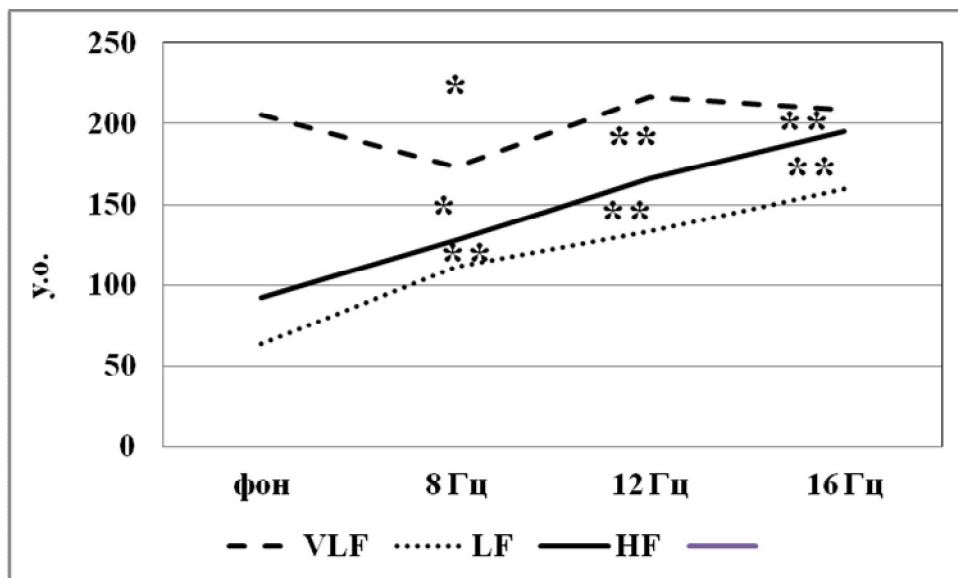


Рис. 3.17. Показники хвильової структури тону судин при імпульсній офтальмофотостимуляції; * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ у порівнянні з фоном

Разом з тим, HF_{norm} , що відображає внесок потужності високочастотних коливань СР у загальну потужність спектру, при цьому не враховуючи потужність хвиль дуже низької частоти, був значущо нижчим при частоті подачі сигналу 8 Гц (57,78 [45,14; 67,39]%, ($p < 0,05$)), (на інших частотах

виявлено тенденцію до його зменшення), що може вказувати на активацію симпатичної модуляції СР. Зростання загальної потужності спектру, яка відображає сумарний ефект впливу на гемодинаміку усіх рівнів регуляції, з 410,7 [227,5; 734,0] у.о. до 555,5 [288,1; 1045,4] у.о., ($p < 0,01$) при 12 Гц та 575,0 [300,4; 1183,3] у.о., ($p < 0,001$) при 16 Гц може свідчити про покращення адаптаційних можливостей ССС за даних умов сенсорних впливів.

Аналіз реактивності показників периферичного кровообігу виявив вірогідні відмінності VLF та LF на частоті 16 Гц відповідно 2,34 [-51,81; 83,90]% та 125,85 [-8,37; 314,31]% у порівнянні з частотою 8 Гц – -16,33 [-42,97; 29,91]% та 52,99 [-7,67; 159,16]%. Значущо більшою була реактивність tVLF на частоті 16 Гц (80,36 [-25,76; 541,67]%), ($p < 0,01$) у порівнянні із 12 Гц (75,00 [-25,00; 350,00]%). Найбільш девіантною виявилась реактивність tLF, tHF та HFnorm за усіх умов імпульсної фотостимуляції.

Аналіз змін показників тривалості та варіабельності спіроінтервалів та їх реактивності при імпульсній офтальмофотостимуляції статистично значущих відмінностей не виявив. Спостерігалась тенденція до зростання спіроінтервалу та зменшення фаз вдиху та видиху по мірі зростання частоти подачі сигналу. Реактивність усіх показників тривалості та варіабельності спіроінтервалів носила варіативний характер, так при частоті 16 Гц: Msp 0,17 [-7,26; 10,76]%, вдих 0,77 [-10,43; 11,99]%, видих -2,70 [-5,59; 8,86]%, відношення вдиху до видиху -0,15 [-8,85; 7,38] у.о. Аналіз реактивності показників варіабельності спіроінтервалів показав тенденцію до зростання реакцій збільшення по мірі посилення частоти імпульсації: SDNN – -19,80 [-33,67; 26,81]%, (8 Гц), 7,79 [-35,11; 34,65]%, (16 Гц), cV – -9,42 [-30,93; 19,94]%, (8 Гц), 6,45 [-27,76; 22,95]%, (16 Гц).

Таким чином, імпульсна офтальмофотостимуляція світлом з довжиною хвилі 500 нм інтенсивністю освітлення 400 лк призводить до зменшення серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшення кровонаповнення органів грудної клітки, амплітуда реакцій яких визначається частотою подачі сигналу, а також до зростання загального

периферичного опору судин. При частоті імпульсації 12 і 16 Гц відбувається збільшення потужності хвиль серцевого ритму дуже низької та низької частоти, що свідчить про активацію симпатичної модуляції серцевого ритму та посилення активності центральних та гуморально-метаболічних впливів та напруження регуляторних механізмів ССС.

3.4. Вплив імпульсної офтальмофотостимуляції на серцево-судинну систему при різних рівнях вихідного вегетативного тону

Важливими особливостями ритмічних процесів в організмі являються їхня залежність від вихідного функціонального стану, значне індивідуальне варіювання та висока стабільність у даного індивіда [78, 213, 318, 382, 53].

Окремі автори [99, 100, 33] говорять про нормалізуючу дію короткотривалого світлового аферентного впливу на ССС, підкреслюючи, що кінцевий ефект певним чином залежить від вихідного стану та індивідуально-типологічних властивостей організму людини.

В підрозділі 3.3 представлені основні зміни центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму на експозицію імпульсного світла в діапазоні від 8 до 16 Гц. Разом з тим, спостерігались суттєві індивідуальні особливості реактивності показників діяльності серцево-судинної системи на експериментальні впливи. Одним із факторів, котрі їх визначають, може бути вихідний рівень функціонування організму людини, в особливості вихідний рівень тону вегетативної нервової системи.

Серед досліджуваних провели розподіл за вихідним рівнем HF_{norm} , що відображає активність парасимпатичного кардіоінгібіторного центру довгастого мозку. Виділили 2 групи: I (n=18) – особи зі значенням даного показника більше 70%, тобто з вираженою ваготонією, II– (n=21) з HF_{norm} менше 60%. В другій групі переважали особи з ейтонією (57%, HF_{norm} от 40 до 50%) при значно меншій кількості симпатотоніків (28%, $HF_{norm}<40\%$). Результати дослідження продемонстрували, що вихідний рівень вегетативного балансу мав вплив на особливості регулювання діяльності

серця при імпульсній фотостимуляції, що проявлялося в суттєвих змінах показників центральної гемодинаміки та ВСР.

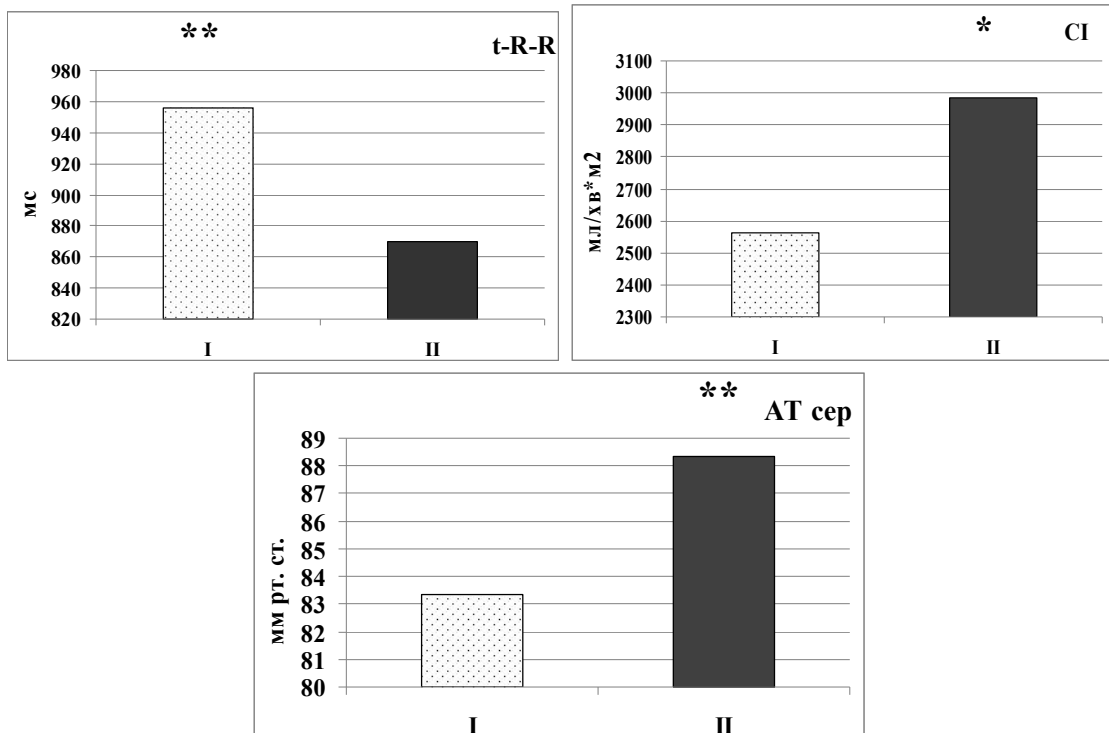


Рис. 3.18. Фонові відмінності показників центральної гемодинаміки між групами: I – ваготоніки, II – еу- та симпатотоніки, * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

У фоні між I та II групами відмінності спостерігались між окремими показниками центральної гемодинаміки (рис. 3.18): t-R-R (956 [850; 1092] мс та 870 [824; 913] мс, $p < 0,01$), середнього артеріального тиску (83,33 [83,33; 90,0] мм рт. ст. та 88,33 [85,0; 92,42] мм рт. ст., $p < 0,01$), серцевого індексу (2561 [2288; 3324] мл/хв.*м² та 2985 [2459; 3266] мл/хв.*м², $p < 0,05$).

Імпульсна офтальмостимуляція (табл. 3.9) призводить до суттєвих змін показників центральної гемодинаміки в обох групах досліджуваних. При цьому слід відмітити, що напрямок цих змін був однаковим, а інтенсивність мала певні відмінності. Так, в обох досліджуваних групах значущо зростала тривалість кардіоінтервалу по мірі посилення частоти подачі сигналу, зменшувався серцевий індекс. Достовірні відмінності УІ при ритмічній світлостимуляції (8, 12 та 16 Гц відповідно) виявлено лише у другій групі, тобто у симпато- та ейтоніків.

Таблиця 3.9

Показники центральної гемодинаміки при імпульсній офтальмостимуляції в осіб з відносно високими (>70%, n=18, I) та низькими (<60%, n=21, II) вихідними значеннями HF_{norm}

Показники	Групи	Фон	Частота стимуляції		
			8 Гц	12 Гц	16 Гц
t-R-R, мс	I	956 [850; 1092]	980 [865; 1076]	1007* [924; 1071]	1005** [938; 1051]
	II	870 [824; 913]	907* [832; 933]	924*** [877; 1002]	948* [898; 1013]
УІ, мл/м ²	I	45,42 [40,64; 48,72]	44,66 [37,76; 48,64]	41,51 [38,82; 49,37]	42,99 [35,15; 49,89]
	II	41,37 [34,95; 47,44]	40,79** [36,20; 48,24]	39,14** [34,89; 46,35]	36,55* [32,19; 41,88]
СІ, мл·хв ⁻¹ /м ²	I	2561 [2288; 3324]	2451* [2176; 3251]	2342** [2193; 3041]	2380** [2101; 3077]
	II	2985 [2459; 3266]	2791* [2453; 3150]	2578*** [2326; 2902]	2348*** [2029; 2858]
АТсер, мм рт.ст.	I	83,33 [83,33; 90,0]	83,33* [80,0; 87,92]	83,33 [81,87; 90,0]	81,67* [80,0; 88,67]
	II	88,33 [85,0; 92,42]	85,50 [83,75; 89,58]	88,33 [83,33; 90,50]	85,0 [83,33; 88,33]
ЗПОС, дін·см ⁻¹ ·с ⁻⁵	I	1491 [11173; 1539]	1524 [1150; 1644]	1481 [1244; 1800]	1533 [1206; 1835]
	II	1242 [1133; 1530]	1342 [1123; 1542]	1467** [1245; 1621]	1603** [1337; 1857]
КНП, у.о.	I	26,44 [22,73; 29,34]	26,55** [22,95; 29,63]	26,84*** [23,28; 29,62]	27,03*** [23,44; 30,51]
	II	25,65 [21,49; 28,57]	25,88* [21,62; 28,63]	26,13*** [21,81; 28,80]	25,61** [21,94; 29,24]
ВЕ, Вт·л ⁻¹	I	11,11 [11,11; 12,0]	11,11* [10,66; 11,72]	11,11 [10,88; 12,0]	10,88* [10,66; 11,82]
	II	11,77 [11,33; 12,32]	11,33 [11,16; 11,55]	11,66 [11,05; 12,02]	11,40 [11,11; 11,83]

Примітка. * - p<0,05; ** - p<0,01; *** - p<0,001 у порівнянні із фоновими значеннями

У ваготоніків на частоті імпульсації 8 та 16 Гц значуще знижувався середній артеріальний тиск 83,33 [80,0; 87,92] мм рт.ст., 81,67 [80,0; 88,67]

мм рт.ст., ($p < 0,05$). Кровонаповнення органів грудної клітки, що суттєво впливає на систолічний об'єм крові, достовірно зростає у порівнянні із фоном по мірі посилення частоти подачі сигналу (8, 12 та 16 Гц) як у ваготоніків, так і в еу- та симпатотоніків. Значущо різнилася між групами I та II реактивність кровонаповнення органів грудної клітки за усіх режимів імпульсної стимуляції.

Підсумовуючи вищезазначені зміни показників центральної гемодинаміки, можна констатувати, що в обох досліджуваних групах виявлено пригнічення активації діяльності серця як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів вегетативної нервової системи. Більш суттєві за окремими показниками (УІ, СІ) зміни у осіб II групи можна розглядати як прогностично позитивні з точки зору покращення функціонального стану при імпульсній фотостимуляції.

Разом з тим, у симпато- та еутоніків на частоті 12 та 16 Гц значуще зростає загальний периферичний опір судин ($1467 [1245; 1621]$ дін·см⁻¹·с⁻⁵ та $1603 [1337; 1857]$ дін·см⁻¹·с⁻⁵, ($p < 0,01$)), що свідчить про одночасну активацію симпатичного контуру вегетативної нервової системи та значне напруження механізмів, котрі відповідають за судинний тонус. Вірогідних відмінностей ЗПО у ваготоніків при ритмічній офтальмофотостимуляції не виявлено.

Про економізацію роботи серця при імпульсній фотостимуляції з частотою 8 та 16 Гц у ваготоніків говорить достовірне зниження показника витрат енергії серцевим м'язом на переміщення 1 літру крові з $11,11 [11,11; 12,0]$ Вт до $11,11 [10,66; 11,72]$ Вт та $10,88 [10,66; 11,82]$ Вт, ($p < 0,05$) відповідно.

Виявлено статистично значущі відмінності фонові регуляції серцевого ритму між групами досліджуваних за такими показниками (рис. 3.19): aLF – $78,3 [39,5; 122,9]$ мс²/Гц (I), $137,7 [83,1; 182,5]$ мс²/Гц (II), HF – $2367 [1411; 3035]$ мс² (I), $1135 [635; 1429]$ мс² (II), HF_{norm} – $76,35 [73,49; 78,47]\%$ (I), $51,77 [40,62; 55,85]\%$ (II).

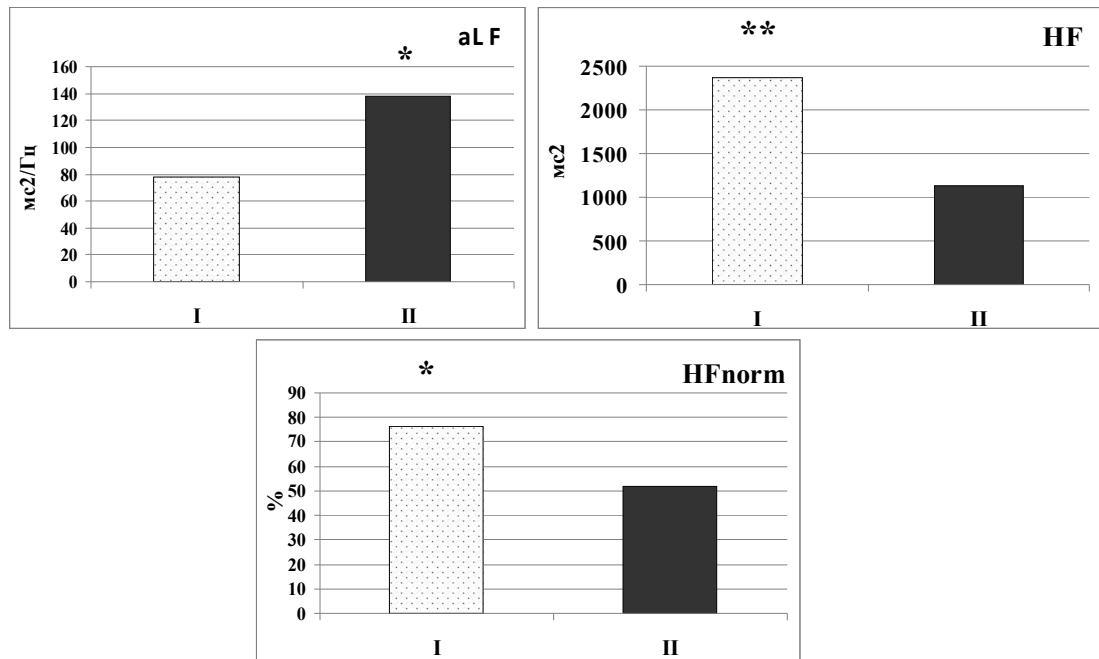


Рис. 3.19. Фонові відмінності показників ВСР між групами: I – ваготоніки, II – еу- та симпатотоніки, * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Оцінка спектральних характеристик масивів тривалості інтервалів R-R при імпульсній фотостимуляції у ваготоніків показала достовірне зростання потужності спектру в діапазоні низьких та дуже низьких хвиль при частоті подачі сигналу 12 та 16 Гц відповідно LF – 1452 [1178; 2076] мс^2 , 1746 [1333; 2656] мс^2 , VLF – 2576 [1165; 3664] мс^2 , 1477 [1121; 3415] мс^2 ($p < 0,01$) у порівнянні зі станом спокою 759 [463; 965] мс^2 , 761 [430; 1923] мс^2 . VLF-коливання, як відомо, мають відношення переважно до церебральних проявів та за своєю клініко-фізіологічною суттю відображають енергетичну (біохімічну) сторону процесів. Діапазон LF пов'язаний із сегментарним рівнем нервової регуляції, його переважання свідчить про посилення симпатичних впливів на регуляцію серцевого ритму [133, 238]. У другій групі при частоті подачі сигналу 8 Гц VLF зменшувалось до 1240 [1750; 2943] мс^2 (у фоні 1462 [876; 2574] мс^2), на інших частотах стимуляції зростало, як і LF, але достовірних відмінностей не виявлено.

Спектральна щільність в діапазоні дихальних хвиль зменшувалась на всіх рівнях імпульсної стимуляції у ваготоніків, але значущо відрізнялась від фону (2367 [1411; 3035] мс^2) на частоті 8 Гц 1743 [1484; 2725] мс^2 ($p < 0,05$). У

осіб II групи HF на частоті 8 Гц також падало до 753 [497; 2031] мс^2 , а по мірі подальшого посилення частоти подачі сигналу зростало до 1280 [526; 2297] мс^2 (12 Гц) та 1510 [817; 2319] мс^2 (16 Гц), але значущих відмінностей не виявлено. Відповідно і нормалізована потужність спектру зменшувалась на всіх частотах ритмічної фотостимуляції незначною мірою в II групі, а достовірно ($p < 0,05$) у осіб I групи – 67,39 [61,10; 70,83]% (8 Гц), 62,65 [54,75; 66,37]% (12 Гц), 55,05 [47,82; 61,55]% (16 Гц) у порівнянні із вихідним станом. При імпульсній фотостимуляції з частотою подачі сигналу 12 та 16 Гц виявлено дзначущі міжгрупові відмінності за показником HF: 12 Гц – 1985 [1480; 3508] мс^2 (I) та 1280 [526; 2297] мс^2 (II), 16 Гц – 2220 [1320; 4064] мс^2 (I) та 1510 [817; 2319] мс^2 (II).

В обох групах досліджуваних на частоті імпульсації 8 Гц виявлено незначне зниження загальної потужності спектру з 3866 [2328; 5992] мс^2 (I), 3499 [2650; 5772] мс^2 (II) до 3624 [2758; 5840] мс^2 та 3436 [2207; 6975] мс^2 відповідно. При подальшому посиленні частоти подачі сигналу TP зростав, а у ваготоніків значущо – 6631 [4617; 8275] мс^2 (12 Гц), 6029 [4246; 10565] мс^2 (16 Гц), ($p < 0,05$). Про посилення симпатичних впливів у ваготоніків свідчить також достовірне зростання концентрації амплітуди максимального піку в діапазоні 0,04-0,15 Гц при ритмічній стимуляції світлом частоти 12 та 16 Гц – 186,3 [139,4; 298,1] $\text{мс}^2/\text{Гц}$, 196,7 [153,7; 309,9] $\text{мс}^2/\text{Гц}$, ($p < 0,05$), у фоні 78,3 [39,5; 122,9] $\text{мс}^2/\text{Гц}$.

Таким чином, за показниками спектрального аналізу при імпульсній офтальмофотостимуляції спостерігається пригнічення вагусних впливів на регуляцію серцевого ритму з одночасною активацією симпатичних більшою мірою у осіб з вихідним переважанням парасимпатичної активності вегетативної нервової системи.

Аналіз реактивності показників варіабельності серцевого ритму при імпульсній фотостимуляції з частотою 8 Гц не виявив достовірних відмінностей між групами досліджуваних. Міжгрупові відмінності

реактивності показників ВСР значущо проявились при імпульсній стимуляції світлом частоти подачі сигналу 12 та 16 Гц (рис. 3.20).

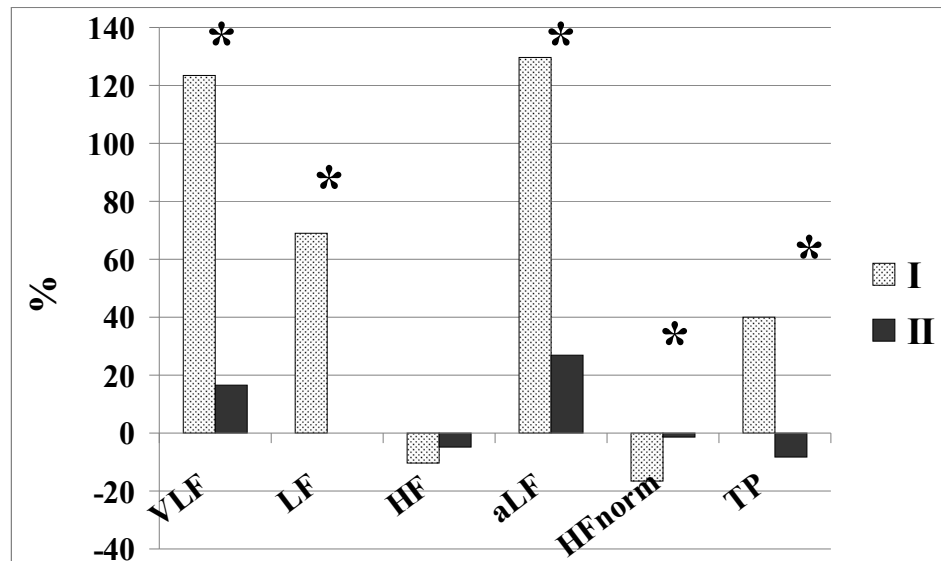


Рис. 3.20. Медіани реактивності показників хвильової структури серцевого ритму у осіб із різним вихідним рівнем вегетативного тону при офтальмофотостимуляції із частотою 12 Гц, * - $p < 0,05$ між групами

У ваготоніків значущо переважала кількість реакцій зростання VLF (123,6 [25,4; 463,7]%) та LF (69,3 [33,0; 160,1]%) на частоті 12 Гц та VLF на частоті імпульсації 16 Гц – 157,9 [14,6; 273,7]%, ($p < 0,05$). За даних умов світлових впливів у осіб I групи достовірно більшою була реактивність амплітуди максимального піку в діапазоні 0,04-0,15 Гц та загальної потужності спектру відповідно: 130,0 [35,2; 342,9]%, 39,7 [12,5; 129,8]%, (12 Гц), 179,6 [74,6; 252,3]%, 73,8 [-0,4; 152,8]%, (16 Гц), ($p < 0,05$). Вірогідних відмінностей реактивності ВСР в діапазоні дихальних хвиль не виявлено, а реактивність нормалізованої потужності спектру в діапазоні 0,15 - 0,4 Гц значуще різнилась на частоті 12 Гц: I група – -16,8 [-26,6; -10,6]%, II група – -1,6 [-12,0; 19,3]%, ($p < 0,05$).

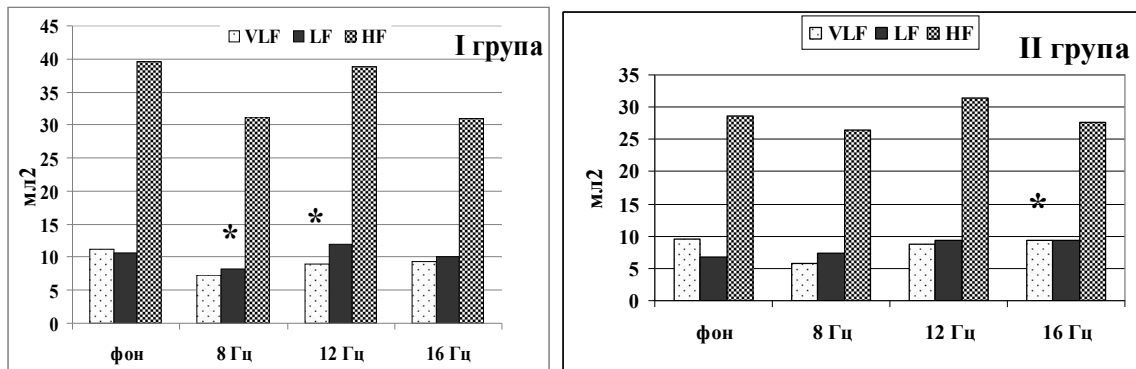


Рис. 3.21. Варіабельність УОК при імпульсній фотостимуляції в осіб з різним вихідним рівнем вегетативного тону: I – ваготоніки, II – еу- та симпатотоніки, * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ у порівнянні із фоном

Аналіз варіабельності показників ударного об'єму крові у стані спокою між I та II групами виявив значущі відмінності за LF 6,7 [4,9; 11,8] мл² та 10,6 [8,5; 21,5] мл² та, природно, HFnorm – 85,6 [78,0; 90,2]% (I), 79,3 [60,9; 87,2]%, (II) (рис.3.21). При імпульсній фотостимуляції з частотою подачі сигналу 8 Гц у осіб II групи спостерігається зниження спектральної потужності в усіх частотних діапазонах, але вірогідні відмінності лише в LF-діапазоні 8,3 [4,8; 16,2] мл², ($p < 0,01$) у порівнянні із вихідним станом (10,6 [8,5; 21,5] мл²). При подальшому посиленні частоти імпульсації у даній групі LF значущо не відрізняється від стану спокою 11,9 [8,9; 21,1] мл² (12 Гц), 10,1 [4,6; 20,5] мл² (16 Гц). У ваготоніків в діапазоні низьких та в обох досліджуваних групах в діапазоні дихальних хвиль вірогідних відмінностей від вихідного стану не виявлено. В діапазоні дуже низьких частот у симпатота еутоніків на частоті подачі сигналу 12 Гц та у ваготоніків на частоті 16 Гц статистично значущо зменшується спектральна потужність відповідно з 11,2 [8,7; 17,5] мл² до 8,9 [4,1; 17,0] мл² та з 9,5 [5,6; 12,5] мл² до 9,4 [5,1; 14,4] мл², ($p < 0,05$), що вказує на пригнічення центральної ерготропної активності та впливу вищих вегетативних центрів на підкорковий серцево-судинний центр [139, 225, 102]. У осіб з вихідним переважанням парасимпатичної активності вегетативної нервової системи по мірі посилення частоти подачі світлового подразника достовірно знижувалась нормалізована потужність спектру з 85.6

[78,0; 90,2]% у фоні до 80,3 [73,8; 89,3]% (8 Гц), 80,1 [66,6; 87,1]% (12 Гц), 76,5 [52,8; 85,5]% (16 Гц), ($p < 0,05$). Достовірних відмінностей між групами за показниками варіабельності ударного об'єму крові при імпульсній фотостимуляції не виявлено.

Таблиця 3.10

Коливання тону судин при імпульсній ОФС у осіб з різним рівнем ВНС

Показники	Групи	Фон	Частота стимуляції		
			8 Гц	12 Гц	16 Гц
VLF, у.о.	I	392,2 [230,2; 392,2]	317,5 [174,2; 317,5]	327,5 [200,6; 327,5]	309,7 [198,7; 309,7]
	II	73,8 ^{&&} [26,4; 143,4]	62,5 ^{&} [38,1; 230,7]	78,4 ^{&} [39,3; 338,0]	145,8 ^{&} [23,2; 282,0]
LF, у.о.	I	96,9 [47,1; 96,9]	127,2* [111,9; 127,2]	247,4*** [118,2; 247,4]	182,6** [132,3; 182,6]
	II	32,3 ^{&} [19,6; 84,3]	48,4 ^{&&} [29,9; 127,0]	91,1 ^{&&***} [40,7; 169,4]	146,4*** [31,5; 238,2]
HF, у.о.	I	101,7 [41,3; 101,7]	131,8 [64,0; 131,8]	255,9*** [132,2; 259,5]	211,2** [114,0; 211,2]
	II	86,0 [40,3; 190,0]	143,4 [54,7; 159,7]	138,4* [70,6; 238,9]	182,9** [69,7; 426,5]
TP, у.о.	I	694,2 [345,0; 694,2]	609,5 [451,6; 609,5]	940,5 [471,3; 940,5]	965,2* [515,1; 965,2]
	II	270,8 ^{&} [91,2; 491,4]	270,8 ^{&} [167,9; 635,2]	402,5 ^{&***} [194,0; 708,9]	632,5** [181,3; 1109,1]
HF _{norm} , у.о.	I	52,3 [37,7; 52,3]	48,0 [34,6; 48,0]	56,6 [39,7; 56,6]	50,3*** [44,1; 50,3]
	II	71,9 ^{&&} [62,9; 81,8]	62,4 ^{&&} [56,8; 76,2]	59,8 [56,2; 77,1]	64,0 [46,7; 76,1]

Примітка. * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ у порівнянні із фоновими значеннями, & - $p < 0,05$; && - $p < 0,01$; &&& - $p < 0,001$ між I та II групами

В табл. 3.10 представлені показники варіабельності тону судин при імпульсній офтальмофотостимуляції в осіб із

різним рівнем вегетативної нервової системи. Слід відмітити, що у вихідному стані між групами (I та II) виявлено достовірні відмінності за окремими показниками: VLF – 73,8 [26,4; 143,4] у.о. та 392,2 [230,2; 392,2] у.о., Tlf – 0,068 [0,056; 0,096] Гц та 0,051 [0,045; 0,051] Гц, HFnorm – 71,9 [62,9; 81,8] у.о. та 52,3 [37,7; 52,3] у.о., ($p < 0,01$), LF – 32,3 [19,6; 84,3] у.о. та 96,9 [47,1; 96,9] у.о., TPower – 237,9 [91,2; 491,4] у.о. та 694,2 [345,0; 694,2] у.о., ($p < 0,05$).

За різних режимів імпульсної фотостимуляції спостерігались значущі відмінності показників тонузу периферичних судин як із фоновим рівнем, так і між групами досліджуваних. В діапазоні дуже низьких частот, що характеризує вплив центральних та гуморально-метаболических механізмів, зберігаються значущі відмінності між групами (I та II) за усіх умов світлових ритмічних впливів, ($p < 0,05$), при тому достовірних відмінностей від стану спокою не виявлено,

В діапазоні з низькочастотною періодикою CP (0,04 - 0,15 Гц) спостерігається значуще зростання потужності спектру по мірі посилення частоти подачі сигналу в обох групах досліджуваних. Окрім цього, при імпульсних впливах світлом частоти 8 та 12 Гц зберігаються значущі відмінності LF між групами досліджуваних (I та II), ($p < 0,01$).

Таким чином, відбувається посилення симпатичних впливів на регуляцію тонузу периферичних судин при імпульсній фотостимуляції в обох досліджуваних групах. Про посилення симпатичних впливів на частоті імпульсації 16 Гц у ваготоніків говорить значуще більший показник частоти максимального піку в діапазоні 0,04 - 0,15 Гц (tLF) – 0,072 [0,059; 0,106] Гц, ($p < 0,05$).

Як у I, так і у II групі при частоті подачі сигналу 12 та 16 Гц достовірно зростає спектральна щільність у діапазоні дихальних хвиль з 86,0 [40,3; 190,0] у.о. та 101,7 [41,3; 101,7] у.о. до 138,4 [70,6; 238,9] у.о., ($p < 0,05$), 255,9 [132,2; 255,9] у.о., ($p < 0,001$), (12 Гц) та 182,9 [69,7; 426,5] у.о., 211,2 [114,0; 211,2] у.о., ($p < 0,01$), (16 Гц) відповідно. Міжгрупових значущих відмінностей

у даному частотному діапазоні не виявлено. Разом з тим, у ваготоніків на частоті 16 Гц достовірно зменшується нормалізована потужність спектру в діапазоні 0,15 - 0,4 Гц – 50,3 [44,1; 50,3] у.о. (у фоні 52,3 [37,7; 52,3] у.о.), зберігаються відмінності HF_{norm} , між I та II групами на частоті 8 Гц відповідно 62,4 [56,8;76,2] у.о. та 48,0 [34,6; 48,0] у.о., ($p<0,01$).

Загальна потужність спектру на частоті подачі сигналу 12 Гц у I групі 402,5 [194,0; 708,9] у.о., ($p<0,01$), та 16 Гц в обох групах – 632,5 [181,3; 1109,1] у.о., ($p<0,01$) (I) та 965,2 [515,1; 965,2] у.о., ($p<0,05$) (II) достовірно зростає у порівнянні із вихідним станом (237,9 [91,2; 491,4] у.о. та 694,2 [345,0; 694,2] у.о.) відповідно. Такі зміни в обох групах відбувалися в значній мірі за рахунок збільшення потужності спектру у діапазоні 0,04-0,15 та 0,15 – 0,4 Гц. При частоті імпульсації 8 та 12 Гц, як і в стані спокою, ТР достовірно різнилась ($p<0,05$) між групами в осіб із різним вихідним рівнем ВНС (I, II): 270,8 [167,9; 635,2] у.о. та 609,5 [451,6; 609,5] у.о. (8 Гц), 402,5 [194,0; 708,9] у.о. та 940,5 [471,3; 940,5] у.о. (12 Гц).

Відомо, що ступінь синхронізації фізіологічних функцій може слугувати маркером як особливостей перебігу регуляції в організмі, так і його функціонального стану [156]. Незначна кількість робіт стосується досліджень зв'язку хвильових змін частоти серцевих скорочень та артеріального тиску за допомогою крос-спектрального аналізу [383, 265]. Разом з тим, з'ясування ступеню зв'язку зазначених параметрів може бути корисним для оцінки та прогнозування стану кардіо-васкулярної системи [194, 195, 133

Крос-спектральний аналіз коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R виявив значущі відмінності у групах досліджуваних у стані спокою в діапазоні низьких та дуже низьких частот. Так, рівень aLF та aVLF був нижче у ваготоніків (5,84 [5,08; 7,12] $ms^2/Гц$, ($p<0,001$), 21,19 [10,76;50,92] $ms^2/Гц$, ($p<0,05$)), ніж у еу- та симпатотоніків (16,41 [9,07; 29,64] $ms^2/Гц$, 57,55 [21,98; 72,89] $ms^2/Гц$), але при офтальмостимуляції нівелювалися.

Зміни потужності низьких частот серцевого ритму (хвилі Майєра) пов'язують з особливостями спонтанної барорефлекторної чутливості. Тому більш детально аналізували зміни максимумів крос-спектральної потужності в даному діапазоні та реактивність цього показника при експериментальних впливах. Відсутність статистично значущих відмінностей між I та II групами при імпульсній фотостимуляції можна пояснити значним приростом даного показника у ваготоніків (рис. 3.22). Отже, у ваготоніків при фотостимуляції спостерігається значуще збільшення спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж у осіб із більш низькою тонічною активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

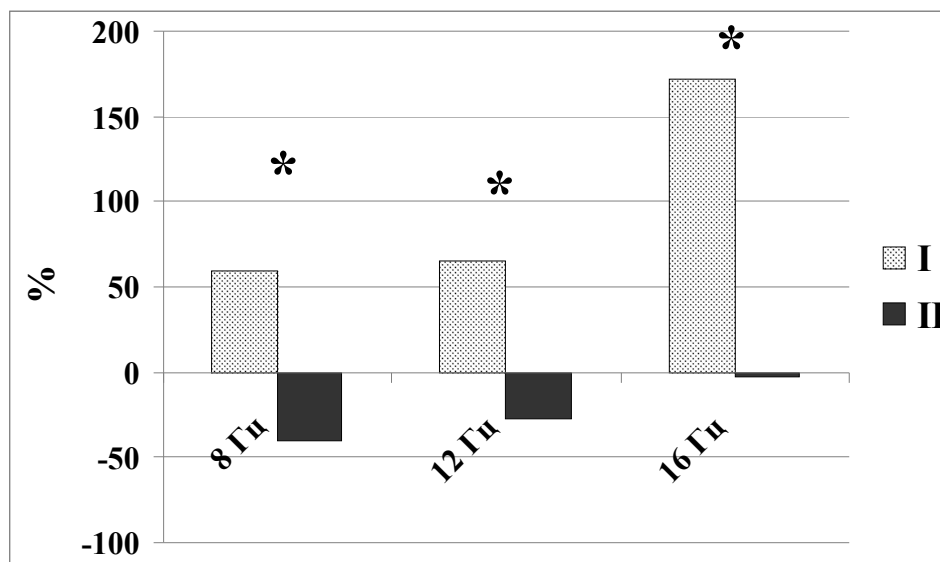


Рис. 3.22. Реактивність максимуму крос-спектральної потужності коливань ударного ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R в діапазоні 0,04-0,15 Гц при імпульсній офтальмофотостимуляції у осіб із різним вихідним рівнем тону вегетативної нервової системи, * $p < 0,05$

Таким чином, в обох досліджуваних групах виявлено пригнічення активації діяльності серця як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів вегетативної нервової системи. Більш суттєві за окремими показниками (УІ, СІ) зміни в осіб II групи можна розглядати як прогностично позитивні з точки зору покращення функціонального стану при імпульсній фотостимуляції. За змінами

показників спектрального аналізу при імпульсній офтальмофотостимуляції спостерігається пригнічення вагусних впливів на регуляцію серцевого ритму з одночасною активацією симпатичних більшою мірою в осіб із вихідним переважанням парасимпатичної активності вегетативної нервової системи. У ваготоніків при фотостимуляції спостерігається значимо більше зростання спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж у осіб з більш низькою тонічною активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

3.5. Вплив різних патернів офтальмофотостимуляції на центральну гемодинаміку та варіабельність серцевого ритму

В ряді недавніх публікацій показано, що особливу терапевтичну ефективність мають спеціально організовані полічастотні ритмічні впливи, навіть малої інтенсивності: аудіо-візуальні стимули та електромагнітні поля змінної частоти [23, 38, 39, 5], електричні та оптичні імпульси, що пред'являються латералізовано з різною частотою [38, 39, 16], або світлові подразники, що динамічно модулюються біопотенціалами мозку [45]. Використання різних алгоритмів кольорового імпульсного впливу в поєднанні з моделями біологічного зворотнього зв'язку, на думку [196], розширює коло можливостей модифікації функціонального стану організму. Проводяться окремі дослідження по вивченню дії спеціально організованих ритмічних світлових впливів (патернів) на електричну активність головного мозку, при лікуванні та профілактиці епілепсії [83], в офтальмології [235, 42].

З метою зменшення окремих негативних впливів імпульсної офтальмофотостимуляції на діяльність серцево-судинної системи (розд. 3.4) ми проаналізували зміни показників центральної гемодинаміки та ВСР при різних патернах імпульсної фотостимуляції.

Таблиця 3.11

Показники центральної гемодинаміки при різних патернах офтальмофотостимуляції

Показники	Спокій	Шум (8-16 Гц)	6 р/хв. (8-16 Гц)
АТсер, мм рт.ст.	86,67 [83,33; 86,67]	85,00 [81,67; 89,17]	83,33 [81,67; 89,58]
КНП, у.о.	24,83 [24,10; 26,19]	24,77 [23,39; 26,57]	25,10 [23,74; 26,61]**##
Т-R-R, мс	919,0 [848,0; 1056,0]	999*# [850,5; 1080,5]	964 [896,8; 1071,5]
СІ, мл·хв ⁻¹ /м ²	4071 [3328; 4458]	3840,5 [3166; 4128,5]	3508 [3154,8; 4196,5]
СОК, мл	87,2 [70,8; 113,5]	89,3 [69,5; 111,8]	83,0 [67,9; 104,1]**
ХОК, мл	5607,4 [4791,9; 66,83,6]	5437,5 [4808,7; 6322,0]**	5354,1 [4052,5; 5679,9]**#
ЗПОС, дін·см ⁻¹ ·с ⁻⁵	1226,0 [1088,4; 1365,5]	1269,7 [1092,9; 1477]*	1357 [1175,6; 1566,3]**

Примітка. ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ в порівнянні з рівнем у спокої; # - $p < 0,05$, ## - $p < 0,01$, ### - $p < 0,001$ між рівнями за різних режимів офтальмофотостимуляції

Виявлено достовірні зміни окремих показників центральної гемодинаміки як при різних патернах фотостимуляції у порівнянні зі станом спокою, так і за різних режимів впливу світла між собою (табл. 3.11). Так, при режимі шумових впливів значущо зростала тривалість кардіоінтервалу, ($p < 0,05$) у порівнянні зі спокоем, а також із режимом світлових впливів 6 разів за хвилину ($p < 0,05$). Значущо знижувався хвилиний об'єм крові за обох режимів стимуляції (I, II): 5437,5 [4808,7; 6322,0] мл, 5354,1 [4052,5;

5679,9] мл, ($p < 0,01$), та ударний об'єм крові за II-го режиму 83,0 [67,9; 104,1] мл, ($p < 0,01$) у порівнянні із фоном (87,2 [70,8; 113,5] мл). Кровонаповнення органів грудної клітки достовірно зросло при хвильових стимуляціях 6 разів за хвилину як у порівнянні зі спокоєм, так і з шумовими впливами. Дані зміни свідчать про пригнічення діяльності серця, вірогідно, як за рахунок активації парасимпатичної ланки вегетативної регуляції, так і пригнічення симпатичної.

Разом з тим, за обох умов світлових впливів достовірно збільшувався загальний периферичний опір судин з, що вказує на одночасну активацію симпатичного контуру автономної нервової системи. Статистично значущих зрушень середнього артеріального тиску за обох режимів імпульсної стимуляції не виявлено.

Таблиця 3.12

Показники хвильової структури серцевого ритму при різних патернах офтальмофотостимуляції

Показники	Спокій	Шум (8-16 Гц)	6 р/хв. (8-16 Гц)
VLF, $мс^2$	1735 [637; 2400]	1514 [1067; 2568]	2730* [#] [1689; 3835]
LF, $мс^2$	1145 [614; 1909]	1204 [739; 1611]	1647* ^{###} [1261; 2689]
HF, $мс^2$	1802 [900; 3439]	1623 [859; 2150]	2018 [1035; 4336]
HFnorm, %	58,70 [46,00; 69,58]	59,31 [40,19; 70,50]	51,88* [43,7; 61,73]
TP, $мс^2$	5196 [2469; 7608]	4318 [3131; 7184]	5938* ^{###} [3960; 10917]

Примітка. ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ в порівнянні з фоновим рівнем, # - $p < 0,05$, ## - $p < 0,01$, ### - $p < 0,001$ між I та II режимом офтальмофотостимуляції

Аналіз хвильової структури ВСР виявив суттєві зміни в регуляторних механізмах серцевого ритму за різних умов фотостимуляції (табл. 3.12). Відбувалось достовірне зростання потужності спектру в діапазоні низьких та дуже низьких частот при II режимі (1647 [1261; 2689] мс^2 , 2730 [1689; 3835] мс^2 в порівнянні зі станом спокою (1145 [614; 1909] мс^2 , 1735 [637; 2400] мс^2 та I режимом (1204 [739; 1611] мс^2 , 1514 [1067; 2568] мс^2). Збільшення потужності хвиль у діапазоні дуже низьких частот свідчить про посилення центральних механізмів регуляції серцевого ритму. Статистично значуще зростання потужності спектру в діапазоні низьких частот можна пояснити активацією симпатичних впливів на діяльність серця або підвищенням рівня спонтанної барорефлекторної чутливості. Це підтверджується також вірогідним зниженням нормалізованої потужності спектру з 58,70 [46,00; 69,58]% до 51,88 [43,87; 61,73]%, ($p < 0,05$) за даних умов світлового впливу (II режим). Достовірних змін в діапазоні високих частот, які відображають дихальні впливи, не виявлено. Цілком можливо, подібні зрушення викликані синхронізацією хвильових змін офтальмостимуляції з частотою 0,1 Гц з хвилями Майєра, що відображають перебіг барорефлексу [331].

Значення подібного механізму підтверджується аналізом реактивності показників ВСР при різних патернах імпульсної фотостимуляції (рис. 3.23). Так, значущо підвищувалась LF під час II впливу в порівнянні з I (відповідно 36,05 [19,91; 130,03]% та 3,94 [-25,82; 33,23]%, $p < 0,001$) та зменшувалась частота максимального піку у цьому спектральному діапазоні (-17,36 [-36,49; 15,11]% та 5,43 [-10,63; 22,85]%, $p < 0,05$) [379]. Достовірно зростала спектральна щільність і в діапазоні 0,15 – 0,4 Гц при хвильових впливах 6 разів за хвилину (18,47 [-4,20; 71,63]%, $p < 0,05$).

В режимі хвильових змін світла 6 разів за хвилину загальна потужність спектру – 5938 [3960; 10917] мс^2 , ($p < 0,01$) значуще зростала як у порівнянні зі станом спокою 5196 [2469; 7608] мс^2 , так і шумовими впливами 4318

[3131; 7184] мс². Реактивність TP також була вірогідно більшою за II режиму стимуляції 40,02 [15,73; 92,22]%, ($p < 0,01$).

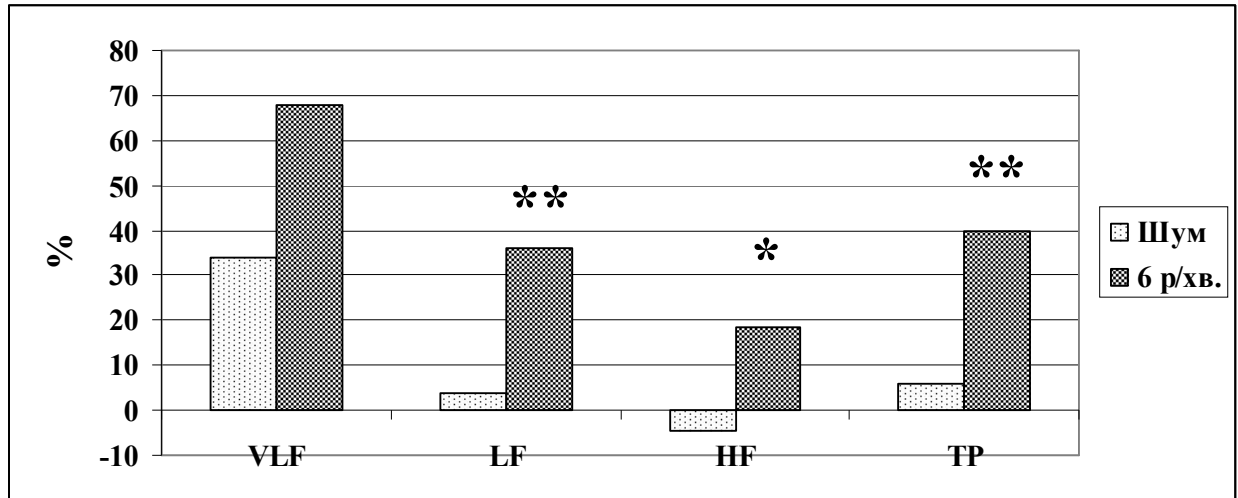


Рис. 3.23. Реактивність показників варіабельності серцевого ритму за різних режимів імпульсної офтальмофотостимуляції; * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$

Звертає на себе увагу, що вірогідні відмінності ВСР спостерігаються з 6-ї по 10-ту хвилини стимуляції з модуляцією 10-секундними хвилями, що свідчить про наявність певного латентного періоду.

Більш детальний аналіз хвильової структури серцевого ритму у діапазоні 0,04-0,15 Гц за допомогою медіанних спектрограм за різних умов (рис. 3.24) виявив вірогідні відмінності між станом спокою та режимом шумових впливів на частотах 0,08 Гц, 0,11 Гц та спокоєм та хвильовими змінами світла 6 разів за хвилину на частоті 0,11 Гц. При тому більш високий рівень амплітуди барорефлекторних хвиль на частоті 0,1 Гц спостерігався при II режимі офтальмофотостимуляції.

Аналіз варіабельності показників ударного об'єму крові за різних патернів імпульсної стимуляції не виявив достовірних відмінностей в основних частотних діапазонах спектру. Нормалізована потужність спектру в діапазоні 0,15 - 0,4 Гц, при хвильових впливах світлом 6 разів за хвилину була достовірно меншою (83,73 [73,46; 83,73]%, $p < 0,05$) у порівнянні з шумовим режимом (84,68 [80,30; 84,68]%). Кількість реакцій зменшення HF_{norm} при режимі II була значуще більшою -3,30 [-7,00; -3,30]%, ($p < 0,05$),

ніж при режимі I – $-1,52$ $[-6,13; -1,52]\%$. Реактивність більшості показників коливань УОК була достатньо девіантною.

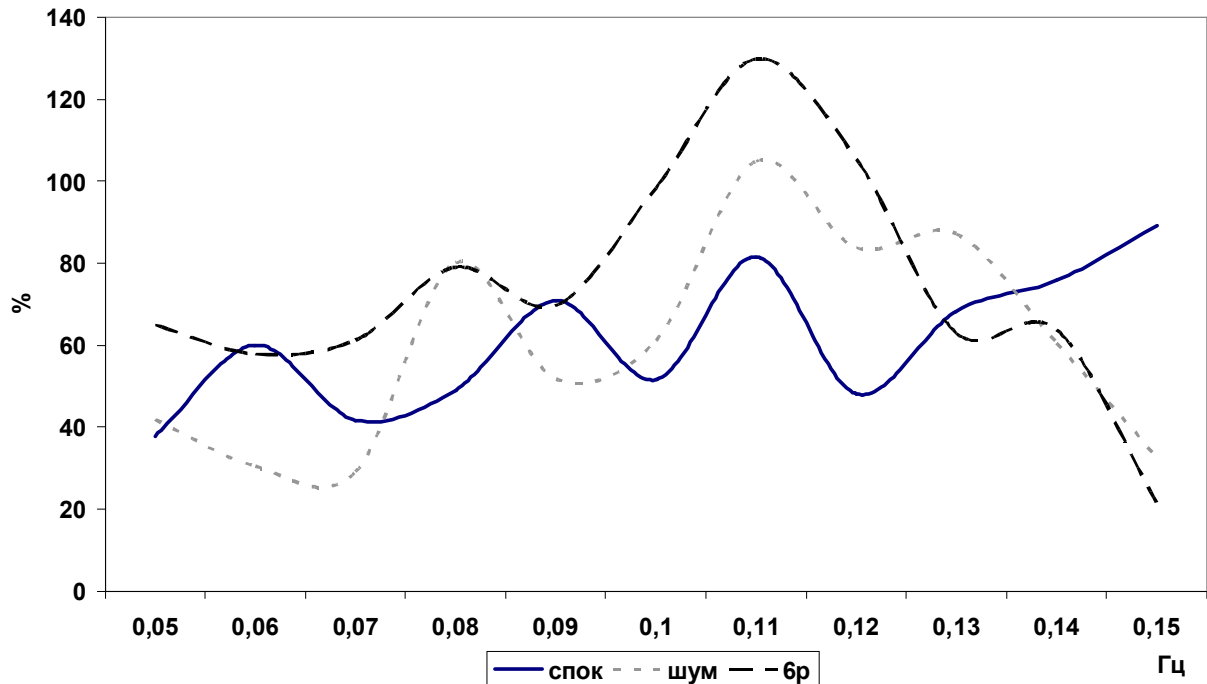


Рис. 3.24. Нормалізована медіанна спектрограма коливань t-R-R при різних патернах офтальмофотостимуляції.

Крос-спектральний аналіз частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові виявив значуще збільшення синхронізації даних показників у LF-діапазоні в режимі хвильових впливів світла у порівнянні з шумом (LFмакс становив відповідно $15,26$ $[8,92; 31,49]$ мс·мл, $11,97$ $[4,64; 20,83]$ мс·мл, ($p < 0,05$)), що може свідчити про підвищення чутливості барорефлексу [265, 291]. Реактивність амплітуди максимуму крос-спектральної потужності у діапазоні $0-0,04$ Гц також була достовірно вищою при хвильових впливах світла $17,83$ $[-49,80; 90,56]$ %, ($p < 0,05$) у порівнянні із шумовими $-21,29$ $[-59,46; 64,14]\%$. Дані зміни обумовлені компенсаторною реакцією частоти серцевих скорочень на зміни УОК.

Таким чином, за обох режимів імпульсної офтальмофотостимуляції (шумові впливи та хвильові впливи світлом 6 разів за хвилину) виявлено суттєві зміни гемодинаміки (збільшення тривалості кардіоінтервалу, кровонаповнення органів грудної клітки, зменшення ударного та хвилинного

об'ємів крові, зростання загального периферичного опору судин), які свідчать про одночасну активацію обох ланок вегетативної нервової системи. Відбувається суттєве збільшення амплітуди хвиль серцевого ритму в діапазоні 0,04-0,15 Гц при офтальмостимуляції хвильовими впливами 6 разів за хвилину, обумовлене підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості.

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведене нами дослідження показало, що більшість отриманих показників центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму були розподілено ненормально. Це обумовило використання нами непараметричних методів. Середні значення параметрів ВСР можуть відрізнятися від їхніх медіан на 50-70%, на чому акцентують увагу окремі автори [35], що в свою чергу, суттєво завищує рекомендовані величини показників для стандартизації досліджень.

Неспецифічна активація центральної нервової системи здійснюється багатьма сенсорними стимулами через таламічні структури. Не викликає сумнівів, що зорові подразники мають і загальний вплив на стан організму у цілому. Подібні зв'язки здійснюються двома шляхами. Перший, більш короткий, представлений волокнами, що прямують від хіазми до nucleus supraorbitalis – особливої клітинної групи, розташованої в передній частині III мозкового шлуночку - зв'язаного з підбугровою ділянкою (гіпоталамусом) і через неї з гіпофізом. Інший шлях прямує від сітківки до гіпоталамусу та гіпофізу, де, як відомо, розташовані центри автономної нервової системи, котрі впливають на регуляцію серцево-судинної системи, артеріального тиску, дихання, процеси обміну.

Численні дослідження свідчать про те, що умови зорової депривації призводять до ряду морфо-функціональних змін, пов'язаних із порушенням розвитку нейронів та їх біохімічною перебудовою в різних ділянках кори головного мозку та його підкоркових структур в постнатальному онтогенезі [218, 193]. Депривація дозволяє вивчити пластичні властивості нервової системи, які полягають в основі процесів зорового сприйняття, навчання, зорової пам'яті та інших складних видів інтегративної діяльності мозку [211, 18]. Певна кількість робіт присвячена вивченню сенсорної депривації на електричну активність кори головного мозку [211, 232].

Припинення зорової імпульсації може призводити до зменшення активації центрів вегетативної нервової системи. Однак, припинення сенсорних імпульсів від зорових аналізаторів, на нашу думку, є біологічним поведінковим активатором в ситуації, коли людина не може контролювати і прогнозувати подальший перебіг подій в навколишньому середовищі. З загальнобіологічної точки зору в такій ситуації для організму доцільно вироблення ефекту активації, тому реакція серцево-судинної системи при зоровій депривації має різноспрямований характер. Так, в наших дослідженнях при короткотривалій зоровій депривації достовірно збільшується тривалість кардіоінтервалів, відносно кровонаповнення органів грудної клітки, значуще знижуються серцевий та ударний індекси, що свідчить про зниження активації діяльності серця. Разом з тим, значущо зростає загальний периферичний опір судин та середній артеріальний тиск внаслідок одночасної активації симпатичної ланки автономної нервової системи. Пригнічення серцевого викиду можна пояснити судинними факторами, що підтверджується вірогідним зростанням показника тону судин, що відображає відношення тону периферичних та центральних судин, як під час короткотривалої зорової депривації, так і після поновлення нормального рівня освітленості.

За даними наших досліджень при відсутності сенсорного зорового подразника значущих змін хвильової структури серцевого ритму не виявлено, але тенденція до їх зростання в діапазоні низьких та дуже низьких частот спостерігається. Після поновлення нормального рівня освітленості вірогідно зростає потужність спектру в діапазоні низьких та дуже низьких частот, що пов'язано відповідно із посиленням симпатичних впливів та активацією центральних механізмів регуляції серцевого ритму і гуморально-метаболических впливів. Підтвердженням цього є також проведений аналіз змін хвильової структури кардіоритму за допомогою методу медіанних спектрограм, який виявив з п'ятої по десятю хвилину відновлення після зорової депривації у порівнянні зі станом спокою значущі відмінності на

частотах від 0,02 до 0,08 Гц та 0,1 Гц. Достовірні відмінності потужності коливань ритму серця на частоті 0,1 Гц обумовлені підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості, що оцінюється на частотах, близьких до 0,1 Гц [378, 379]. Крос-спектральний аналіз частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові також виявив значуще збільшення синхронізації даних показників у LF-діапазоні (0,06 та 0,08 Гц) з 5-ї по 10-ту хвилини відновлення після зорової депривації та посилення рівня спонтанної барорефлекторної чутливості (0,08 Гц).

Значуще зменшення нормалізованої потужності спектру в діапазоні високих частот (HFnorm) після припинення короткотривалої зорової депривації пов'язано з пригніченням активації парасимпатичної та посиленням симпатичної активності. За даними Меєрсона Ф.З., активацію симпатичної нервової системи можна розглядати як захисно-приспосувальну, стрес-реалізуючу в системній організації адаптивних функцій цілісного організму [128]. Після відновлення сенсорних зорових імпульсів активуючий вплив таламічних центрів на центральну нервову систему поновлюється, а вплив симпато-адреналової та ренін-ангіотензинової систем, котрі були запущені при депривації, внаслідок їх інерційності триває. Тому і спостерігається подальша активація як серця, так і судин, втім, варіативність реакцій біла більшою після поновлення нормального рівня освітленості.

Науково обґрунтовано три основні концепції впливу світла на організм людини – психофізіологічна, корпускулярна та біорезонансна. Зміни в регуляторних механізмах діяльності ССС при короткотривалій зоровій депривації, на нашу думку, пов'язані з психофізіологічними механізмами дії світла. В дослідженнях мозкового електрогенезу у людини в стані пасивного спокою на фоні відносної сенсорної депривації [64] встановлено зниження загального функціонального стану, що, водночас супроводжується розвитком певних когнітивно-активаційних психічних процесів. Динаміка змін мозкового електрогенезу людини як реакції на стан пролонгованого спокою обумовлюється психологічними характеристиками людини [61] та має свої

особливості в залежності від індивідуальних емоційних характеристик індивіда, встановлених за тестом В.В.Бойко [63]. А за даними Яковенко І.А. [245] картина когерентності потенціалів кори при відсутності сенсорних зорових подразників в цілому, а також в окремих частотних діапазонах носить незмінний характер, а когерентні зв'язки є більш вираженими в правій півкулі, що не співпадає з результатами інших авторів [64].

Чернинский А. А. та ін. вважають [232], що в осіб із високим вихідним рівнем активації головного мозку при частковій сенсорній депривації спостерігається більш виражене зниження рівня активації за показниками високочастотної складової спектру ЕЕГ, яка розглядається як ознака активації, пов'язаної з інформаційними процесами, а отже, є проявом заспокоєння людини в умовах відсутності зовнішніх стимулів.

Одним із стабільних індикаторів функціонування організму являється частота дихання. У наших дослідженнях на всіх етапах короткотривалої зорової депривації частота дихання не змінювалась. Однак, спостерігалось значуще зростання коефіцієнту варіації спіроінтервалів після поновлення нормального рівня освітленості, що згідно даних Судакова К.В. та ін.. свідчать про погіршення функціонального стану організму [194, 195].

У випадку із подібними впливами на здорових молодих чоловіків наслідки не є суттєво негативними. Однак у людей із патологією серцево-судинної та нервової систем, навіть на етапі функціональних розладів, при виконанні штучної зорової стимуляції після депривації зазначені зрушення можуть призвести до суттєвого погіршення загального стану організму. Тому, при проведенні фізіотерапевтичних процедур бажано не застосовувати короткотривалу зорову депривацію перед сеансом офтальмофотостимуляції [172].

За даними Гойденко В.С. електромагнітні промені оптичного діапазону являються природними регуляторами біохімічних, біофізичних та енергоінформаційних процесів в організмі людини [41]. Встановлено, що світлові подразники сприяють змінам тонусу автономної нервової системи і,

навпаки, зміни тонусу вегетативної нервової системи мають вплив на кольоровий зір [196]. На думку Полянського та ін., в зоровій корі та латеральному колінчастому тілі можна виділити дві групи нейронів: перші спеціалізовані на сприйнятті лише інтенсивності зорових світлових стимулів, а другі – як інтенсивності, так і кольору світлових стимулів [161], що дозволило виділити сенсорні простори з ахроматичними та кольоровими вісями, які принципово співпадали з сенсорними просторами, отриманими при аналізі викликаних потенціалів мозку кроликів та комплексних впливів (звук+колір) [162].

За результатами наших досліджень в обох випадках монохромної офтальмофотостимуляції виявлено достовірні зміни показників центральної гемодинаміки, які полягали у зростанні тривалості кардіоінтервалу, зменшенні серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшенні кровонаповнення органів грудної клітки, що є свідченням пригнічення активації діяльності серця. Але з іншого боку значуще зростання загального периферичного опору судин вказує на одночасну активацію симпатичної ланки вегетативної нервової системи. Цілком імовірно може виникнути питання, чи не являються отримані зміни показників центральної гемодинаміки загальною реакцією на неспецифічний подразник, у даному випадку світловий, котрий не залежить від довжини хвилі та інтенсивності освітлення. На нашу думку, різний ступінь прояву даних зрушень дає підстави говорити про значення довжини хвилі та інтенсивності подачі сигналу на реакцію серцево-судинної системи, що узгоджується із даними, отриманими іншими дослідниками [154, 146].

Аналіз показників варіабельності серцевого ритму виявив найбільші зрушення у коливаннях T-R-R при дії монохромного світла різної довжини хвилі при рівні освітленості 400 лк. При впливі світла довжини хвилі 500 нм інтенсивності подачі 400 лк потужність спектру в VLF- та LF-діапазонах вірогідно зросла, в той час як зміни при стимуляції червоним світлом не були значущими. За обох умов фотостимуляції з п'ятої по десяту хвилини

освітленості 100 люкс виявлено достовірне зменшення спектральної потужності в діапазоні високих частот. Однак при подальшому підвищенні рівня освітленості значущих змін від фону в діапазоні дихальних хвиль не спостерігається. Значуще та односпрямоване зростання реактивності ТР в обох випадках монохромної офтальмофотостимуляції при освітленості 400 люкс відбувалось в основному за рахунок зростання спектральної потужності в діапазоні низьких частот, що в обох випадках фотостимуляції може бути зумовлено двома причинами: по-перше, підвищенням активності симпатичних впливів, а, по-друге, на даному рівні освітленості може відбуватися підвищення спонтанної барорефлекторної чутливості [173].

Про посилення симпатичних впливів на регуляцію серцевого ритму свідчить і вірогідне зниження нормалізованої потужності спектру в діапазоні дихальних хвиль як при дії червоного, так і зеленого світла інтенсивності 400 люкс. Такі зрушення варіабельності серцевого ритму описано і в роботах інших дослідників [358, 364, 377]. Петров К.Б. та співав. виявили посилення парасимпатичних впливів при стимуляції зеленим світлом на 68,3% у порівнянні із фоном та активацію симпатичного відділу ВНС при дії червоного світла (індекс Баєвського вірогідно вище, ніж при дії зеленого світла: ІН на 38,9%, ІВР на 30,1%, ВПР на 47,3%, ПАПР на 34,5%) [154]. Також у літературі зустрічаються відомості про активацію парасимпатичної ланки регуляції серцевого ритму після тривалого впливу яскравого світла [353, 363, 342]. У наших дослідженнях значуще та односпрямоване зростання реактивності загальної потужності спектру в обох випадках стимуляції на рівні освітленості 400 люкс також вказує на посилення парасимпатичних впливів.

Нами відмічено, що при офтальмофотостимуляції світлом довжини хвилі 500 нм з рівнем освітленості 400 лк зростання спектральної щільності в діапазоні дихальних хвиль не є значущим, тому за даних умов світлових впливів збільшення активності симпатичної ланки автономної нервової

системи разом із суттєвим підвищенням його варіативності можна розглядати як маркер зростання активності парасимпатичних впливів [173].

Більш суттєві зміни показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури при дії монохромного світла довжини хвилі 500 нм інтенсивності освітлення 400 лк можна пояснити з точки зору квантової теорії дії світла, згідно якої кожен фотон має певну кількість енергії в залежності від частоти коливань, тобто від випромінюваного світла. Зокрема, фотони зеленого світла мають більшу енергію, ніж фотони червоного кольору [41].

Система біопотенціалів мозку, серцево-судинна та дихальна системи тісно взаємопов'язані та складають основу процесів гомеостатичної регуляції, характеризуючись високою чутливістю до дії зовнішніх чинників [160, 168, 214, 215]. Завдяки цьому навіть низькоінтенсивні, але ритмічно організовані впливи при умові збігу їх частоти з ендogenous ритмами організму супроводжуються вираженими фізіологічними ефектами, обумовленими резонансними механізмами зміни біологічних станів. Як зазначено в дослідженнях [242] важливо те, що негативних наслідків для організму людини при застосуванні світлостимуляції, як правило, не відзначається, оскільки суперадитивність сприятливої дії істотно зростає при позитивному налаштуванні організму, і, навпаки, субадитивність особливо помітна при несприйнятті організмом зовнішнього (екзогенного) впливу. Таким чином, поріг сприйняття (відгуку) автоматично регулюється організмом у широкому динамічному діапазоні. Важливими особливостями ритмічних процесів організму являються їхня залежність від поточного функціонального стану, значне індивідуальне варіювання та висока стабільність у даного індивіда [100, 196].

Проведений нами аналіз змін показників центральної гемодинаміки при імпульсній офтальмофотостимуляції (зменшення серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшення кровонаповнення органів грудної клітки) виявив зменшення активації діяльності серця за рахунок

посилення вагусних та зменшення симпатичних впливів вегетативної нервової системи, амплітуда реакцій яких визначалася частотою подачі сигналу. Збільшення кровонаповнення органів грудної клітки обумовлюється зростанням загального периферичного опору судин (при фотостимуляції з частотою 12 та 16 Гц спостерігається значуще зростання ЗПОС). Такі зрушення у функціональному стані ССС супроводжуються компенсаторним підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості [89]. За літературними даними [71] більший периферичний опір судин вважається негативною прогностичною та діагностичною ознакою погіршення функціонального стану. Поряд з цим існують роботи [130], в яких стверджується, що у спортсменів під впливом систематичних занять фізичними вправами досягнута економізація в роботі серця проявляється більше за рахунок зростання периферичного опору [101], підвищеного тону артеріальних судин, зменшення систолічного та хвилинного об'ємів крові. Посилення тону судинної стінки в даному випадку розглядається як адаптаційний механізм артеріального русла, який перешкоджає депонуванню крові в результаті посилення інтенсивності кровотоку [70]. Про посилення периферичних впливів на регуляцію центральної гемодинаміки свідчить, на нашу думку, і значуще зростання показника тону периферичних судин по мірі зростання частоти стимуляції.

Коливання ВСР мають чіткі вегетативні кореляти та можуть бути використані для кількісної неінвазивної оцінки різних рівнів вегетативної регуляції у здорових та хворих людей [224]. Згідно літературних даних, вагусна активність являється основною складовою високочастотного компоненту за результатами блокування мускаринових рецепторів, ваготомії та залежить від фаз дихання [30]. В оцінці низькочастотного компоненту наявні певні протиріччя. Деякі автори вважають, що фізіологічна оцінка НЧ неоднозначна внаслідок дії певних факторів [135, 238]. У ряді робіт передбачається, що виражений в нормалізованих одиницях LF-компонент, являється кількісним маркером симпатичної модуляції [345, 335], в той час як

інші дослідники розглядають LF як такі, що відображають і симпатичну, і вагусну активність [352, 289, 127] (атропін зменшує як високо-, так і низькочастотну складову спектру). Окремі науковці вважають LF відображенням активності вазомоторного центру та барорецепторних зон із дуги аорти [30]. Моак J.P та ін. в своїх роботах показали, що низькочастотні коливання ВСР являються проявом барорефлексу з дуги аорти, але не пов'язані безпосередньо із симпатичною іннервацією [333]. Дуже низькі частоти (VLF), на думку багатьох авторів, відображають діяльність симпатичної нервової системи, вплив церебральної ерготропної активності на нижче розташовані структури [224], характеризують вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкорковий центр та можуть використовуватися як надійний маркер ступеню зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу із надсегментарними, у тому числі з гіпоталамо-гіпофізарним та корковим рівнем.

Зміни варіабельності серцевого ритму вивчалися нами при імпульсній фотостимуляції світлом довжини хвилі 500 нм з різною частотою подачі сигналу (8, 12 та 16 Гц) [174]. Виявлене значуще зростання спектральної потужності в діапазоні низьких та дуже низьких частот при впливах із частотою імпульсації 12 та 16 Гц за Баєвським свідчить про активацію центрального контуру регуляції серцевого ритму (симпатичного судинного центру довгастого мозку та центрів енерго-метаболичного обміну) [11]. Активація надсегментарних церебральних систем, на думку Хаспекової Н.Б. [224], дезорганізує активність симпатичних барорефлекторних механізмів і суттєво впливає на загальну варіабельність серцевого ритму, що дозволяє оцінити вегетативний тонус як напружений вегетативний баланс із участю ерготропних систем. Значущих відмінностей у діапазоні дихальних хвиль при імпульсній фотостимуляції не виявлено. Однак, достовірно зменшувалась відносна потужність високочастотної складової на усіх частотах імпульсної стимуляції, яка характеризує зменшення парасимпатичних впливів на серце та активність автономного контуру його

регуляції. Разом з тим, більш детальний аналіз змін варіабельності серцевого ритму за допомогою медіанних спектрограмм при імпульсній фотостимуляції у порівнянні зі станом спокою виявив вірогідні відмінності в діапазоні дихальних хвиль на частоті 0,26 (8 Гц) та 0,27 (16 Гц) ($p < 0,05$), що може свідчити про посилення впливу блукаючого нерву за даних умов ритмічної стимуляції.

Порівняння динаміки змін коливальних складових серцевого ритму дало підстави Хаспековій Н.Б. виділити спільне для нейрогенних запаморочень та мігрені. На її думку, виражене наростання загальної ВСР та VLF у періоді передвісників відображає пускову роль церебральної активації у розвитку вегетативних пароксизмів [224]. Тому з метою зменшення певних негативних впливів імпульсної офтальмостимуляції на діяльність серцево-судинної системи, ми проаналізували зміни центральної гемодинаміки та варіабельності серцевого ритму при різних патернах імпульсної фотостимуляції.

Деякі дослідники [5, 213, 215]. вважають, що виражені ефекти спеціально організованих ритмічних впливів можуть бути обумовлені такими факторами як резонансні механізми ЦНС, процеси амплітудної модуляції біопотенціалів мозку, закономірності розвитку адаптаційних процесів ЦНС та механізми взаємодії низькочастотних сенсорних подразнень з ендогенними ритмічними процесами організму. На думку Сурушкіна М. А., імпульсний характер впливу, використання різних алгоритмів світлового ритмічного впливу дозволяє посилити стимулюючий ефект в розвитку процесів гальмування чи збудження, розширити коло можливостей модифікації функціонального стану організму шляхом створення нових ритмічних патернів сенсорних впливів [196, 168]. Окремі роботи [55, 83, 78, 213, 215], котрі присвячені дослідженню ЕЕГ на одночасне пред'явлення двох режимів ритмічних впливів: постійного (частота 13 Гц) та мінливого (від 1 до 6 Гц і знову до 1 Гц), виявили значення взаємодії процесів

амплітудної модуляції ЕЕГ з інтегративними, адаптаційними та слідовими механізмами діяльності правої та лівої півкуль головного мозку.

В наших дослідженнях при аналізі отриманих результатів виявлені достовірні зміни окремих показників центральної гемодинаміки як при різних патернах фотостимуляції в порівнянні зі станом спокою, так і за різних режимів впливу світла між собою. Більш суттєві зміни показників центральної гемодинаміки (т-R-R, СОК, ЗПОС, КНП), котрі вказували на одночасну активацію обох ланок вегетативної регуляції, виявлено в режимі хвильових впливів світла у порівнянні із шумом [175].

Аналіз хвильової структури ВСР виявив достовірне зростання потужності спектру в діапазоні низьких та дуже низьких частот при II режимі в порівнянні зі станом спокою та I режимом, що пояснюється активацією центральних механізмів регуляції серцевого ритму та симпатичного контуру вегетативної нервової системи. Статистично значиме зростання потужності спектру в діапазоні низьких частот, котре підтверджується також вірогідним зниженням нормалізованої потужності спектру в режимі хвильових впливів 6 разів за хвилину, можна пояснити також синхронізацією хвильових змін офтальмостимуляції з частотою 0,1 Гц з хвилями Майєра, що відображають перебіг барорефлексу [331]. Більш детальний аналіз хвильової структури серцевого ритму у діапазоні 0,04-0,15 Гц за допомогою медіанних спектрограм за різних умов виявив вірогідні відмінності між станом спокою та режимом шумових впливів на частотах 0,08 Гц, 0,11 Гц та спокоєм, а також хвильовими змінами світла 6 разів за хвилину на частоті 0,11 Гц. При тому більш високий рівень амплітуди барорефлекторних хвиль на частоті 0,1 Гц спостерігався при режимі хвильових впливів 6 разів за хвилину офтальмостимуляції за біорезонансним механізмом. Крос-спектральний аналіз частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові виявив значуще ($p < 0,05$) збільшення синхронізації даних показників у LF-діапазоні в режимі хвильових впливів світла у порівнянні із шумом, що також підтверджує підвищення чутливості барорефлексу за даних умов світлових впливів [175,

265, 291]. Слід відмітити, що і реактивність показників ВСР при режимі хвильових змін була вірогідно вищою у порівнянні з шумовими впливами.

Відомо, що типи системного кровообігу являються об'єктивним критерієм специфічних розбіжностей системної організації центральної гемодинаміки у здорових людей [197]. Враховуючи, що рівень функціональних можливостей серцево-судинної системи визначає загальні можливості всього організму при адаптації, можна припустити, що люди з різними типами системного кровообігу будуть відрізнятися і за діапазоном пристосувальних реакцій до різних експериментальних впливів.

Результати нашого дослідження продемонстрували, що вихідний рівень вегетативного балансу мав вплив на особливості регулювання діяльності серця при імпульсній фотостимуляції, що проявлялося в суттєвих змінах показників центральної гемодинаміки та ВСР [176, 177]. Такої ж думки дотримуються і інші автори [100, 234, 19]. Слід відмітити, що напрямок цих змін був однаковим – пригнічення активації діяльності серця як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів вегетативної нервової системи, а інтенсивність мала певні відмінності. Втім, значуще зростання ЗПОС у групі еу- та симпатотоніків свідчить про посилення симпатичних впливів та напруженість механізмів регуляції судинного тону. Більш суттєві за окремими показниками (УІ, СІ) зміни у даній групі можна розглядати як прогностично сприятливі з точки зору покращення функціонального стану при імпульсній фотостимуляції. Такої ж думки дотримуються й інші автори [154], котрі рекомендують використовувати офтальмостимуляцію синьо-зеленим спектром світла для профілактики дезадаптивних розладів у спортсменів із нормальним чи низьким рівнем енергетичних процесів організму, які знаходяться у стані реакції активації та схильних до симпатикотонії.

Значущі міжгрупові відмінності показників хвильової структури серцевого ритму виявлено на частоті подачі сигналу 12 та 16 Гц. Так, для ваготоніків спостерігалось вірогідно більше зростання потужності коливань в

діапазоні низьких та дуже низьких частот, загальної потужності спектру, концентрації амплітуди максимального піку в діапазоні 0,04-0,15 Гц. Потужність дихальних хвиль змінювалася недостовірно, тому і нормалізоване її значення більш істотно знижувалося у даній групі. Отримані результати співпадають із думкою Корольової М.А. [99, 100], що перебудова процесів регуляції серцевого ритму при короткотривалій імпульсній фотостимуляції полягає у зниженні активності парасимпатичної та підвищенні тону симпатичної нервової системи і спрямована у бік збалансованого стану вегетативної регуляції хронотропної функції серця. Разом із тим, у дослідженнях даним автором [99] особливостей регуляції СР при пролонгованому світловому впливі в осіб із різним рівнем вегетативного балансу найбільші зміни виявлено у групі симпатотоніків, а саме – зміщення вегетативного балансу у бік зростання активності парасимпатичної активності, особливо за показниками ВСР. У ваготоніків спостерігались менш виражені зрушення спектральних показників, але напрямок змін співпадав із такими при короткотривалій імпульсній фотостимуляції – зниження парасимпатичних та посилення симпатичних впливів вегетативної нервової системи. Автор вважає, що імпульсна фотостимуляція мала гомеостатичний вплив на рівень функціонування синусового вузла, сприяла нормалізації серцево-судинної системи в цілому, але досягалося це різними шляхами, котрі визначалися індивідуальними особливостями хронотропної активності серця. Отримані результати дослідники пояснюють наявністю чисельних зв'язків супрахізмальних ядер гіпоталамусу з різними ділянками головного мозку, зокрема, структурами середнього мозку, таламусом, екстрапірамідними утвореннями, гіпофізом [258, 107], елементами рухової системи та вегетативними центрами [58]. Стійкість ефектів пролонгованого світлового впливу, вочевидь, пов'язана із наявністю зв'язків зорових центрів із лімбічною системою [142, 171], оскільки відомо, що емоції мають тривалу післядію, а при повторних подразненнях їх тривалість суттєво підвищується [194].

За результатами нашого дослідження у ваготоніків при фотостимуляції спостерігається значимо більше посилення спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж у осіб з більш низькою тонічною активністю парасимпатичного відділу автономної нервової системи.

У відповідності із принципом фізіологічної доцільності, функціонування барорефлексу полягає в можливості швидкого реагування ЧСС на підвищення артеріального тиску та нормалізація її [36]. Чим більше будуть запізнюватися (або меншою буде амплітуда) зміни ЧСС при зрушеннях артеріального тиску, тим менш ефективно реалізується барорефлекс. Тому підвищення спонтанної барорефлекторної чутливості у ваготоніків при імпульсній офтальмофотостимуляції слугує для підтримання рівня основних гемодинамічних показників на стабільному рівні, навіть більш вираженому зниженню артеріального тиску при частоті подачі сигналу 16 Гц, ніж у еу- та симпатотоніків. Отримані дані реактивності варіативності серцевого ритму відповідають закону W. Wielder про вихідні значення.

ВИСНОВКИ

У представленій роботі відповідно до мети та завдань дослідження за допомогою об'єктивних методів визначення функціонального стану серцево-судинної системи проведено аналіз змін показників центральної гемодинаміки та їх хвильової структури за різних режимів офтальмофотостимуляції, особливостей у осіб із різним вихідним рівнем вегетативного тону. З отриманих результатів зроблено наступні висновки:

1. При короткотривалій зоровій депривації та відразу після поновлення нормального рівня освітленості зменшується серцевий викид та зростає рівень кровонаповнення легенів, що зумовлюється зростанням загального периферичного опору судин. Ці зрушення у функціональному стані серцево-судинної системи супроводжуються компенсаторним підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості.
2. Офтальмостимуляція монохромним світлом призводить до залежного від інтенсивності стимулу та найбільш вираженого при довжині хвилі 500 нм зменшення серцевого викиду і середнього артеріального тиску та збільшення кровонаповнення органів грудної клітки і зростання загального периферичного опору судин. Компенсаторно, у найбільшому ступені при інтенсивності освітленості 400 лк, відбуваються значущі зрушення хвильової структури гемодинамічних показників та їх синхронізації.
3. При офтальмофотостимуляції з частотою 12 і 16 Гц відбувається збільшення потужності хвиль серцевого ритму дуже низької та низької частоти, що свідчить про активацію симпатичної модуляції серцевого ритму та посилення активності центральних і гуморально-метаболических впливів та напруження регуляторних механізмів серцево-судинної системи.
4. Встановлено, що вихідний рівень вегетативного балансу впливає на особливості регулювання діяльності серця при імпульсній

- офтальмофотостимуляції. Зміни показників діяльності серцево-судинної системи у ваготоніків є прогностично позитивними у порівнянні з еу- та симпатотоніками.
5. Більш суттєві зміни показників центральної гемодинаміки, котрі вказували на одночасну активацію обох ланок вегетативної регуляції, виявлено в режимі модульованих хвильових впливів світла у порівнянні із шумом. Збільшення амплітуди хвиль серцевого ритму в діапазоні 0,04-0,15 Гц при офтальмостимуляції хвильовими впливами 6 разів за хвилину зумовлене підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості внаслідок резонансного механізму.
 6. При проведенні фізіотерапевтичних процедур з метою попередження виникнення несприятливих змін функціонального стану серцево-судинної системи рекомендовано не застосовувати короткотривалу зорову депривацію перед сеансом офтальмофотостимуляції, враховувати при імпульсній офтальмостимуляції вихідний рівень вегетативного тону.
 7. Організація сенсорних зорових впливів може суттєво змінювати функціональний стан серцево-судинної системи людини переважно під дією компенсаторних зрушень її хвильових проявів за рахунок можливих психофізіологічного, корпускулярного та біорезонансного механізмів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авилов О. В. Индивидуальный подход к оценке эффективности курсовых обонятельных воздействий. / О. В. Авилов, И. А. Комарова // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – Т. 18, №. 3. – С. 33-35.
2. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева – М.: Изд-во РУДН. – 2006. – Т. 284. – С. 1.
3. Айдаркин Е. К. Изменение вегетативных показателей при действии одорантов / Е. К. Айдаркин, О. Л. Кундупьян, А. Н. Старостин // Валеология. – 2009. – №. 4. – С. 80-88.
4. Айдаркин Е. К. Исследование особенностей взаимодействия зрительной и слуховой систем / Е. К. Айдаркин // Валеология. – 2006. – №. 3. – С. 82-93.
5. Акоев И. Г. Анализ реакций электрической активности мозга в исследованиях механизмов информационных процессов и резонансных взаимодействий при низкоинтенсивных внешних воздействиях / И. Г. Акоев, А. И. Федотчев, А. Т. Бондарь // Биологические эффекты слабых электромагнитных излучений. Сборник научных трудов. Пущино. – 2002. – С. 38-54.
6. Алипов Н. Н. Внутрисердечная нервная система: открытия и предвидения Г.И. Косицкого / Н. Н. Алипов, И. Н. Дьяконова, Т. Е. Кузнецова // Вестник РГМУ, – 2013. – № 2, – С. 57–62.
7. Антонов А. А. Гемодинамика для клинициста / А. А. Антонов // М.: Медицина, 2004. – С. 7.
8. Аршавский В. В. Характер пространственной синхронизации ЭЭГ и изменение уровня тревоги при воздействии запахов у лиц с различным типом полушарного реагирования / В. В. Аршавский, Н. И. Гольдштейн // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, №. 1. – С. 27-36.
9. Бабина Е. С. Организация, содержание и результаты логопедической работы по формированию речи школьников в условиях зрительной

- депривации / Е. С. Бабина, Н. М. Трубникова // Специальное образование. – 2011. – №. 3. – С.15-24.
- 10.Бабунц И. В. Албука анализа вариабельности сердечного ритма / И. В. Бабунц, Э. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех // Ставрополь: Принт-мастер, 2002. – 112 с.
- 11.Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р. М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – Т. 1, №. 1. – С. 54-64.
- 12.Басинский С. Н. Клинические лекции по офтальмологии / С. Н. Басинский, Е. А. Егоров // М.: Астрель. – 2009. – 544 с.
- 13.Безручко Б. П. Методика исследования синхронизации колебательных процессов с частотой 0.1 Гц в сердечно-сосудистой системе человека / Б. П. Безручко, В. И. Гриднев, А. С. Караваяев // Известия высших учебных заведений. – 2009. – Т. 17, №. 6. – С. 44-56.
- 14.Белоглазов В. А. Особенности периферической гемодинамики у больных ревматоидным артритом / В. А. Белоглазов, Г. Н. Кошукова, Н. П. Буглак // Кровообращение и гемостаз – 2009. – № 5. – С. 9-14.
15. Бельский Е. Д. Клинико-электрофизиологические показатели функционального состояния головного мозга человека / Е. Д. Бельский, В. А. Часов // Л.: Труды ЛИЭТИНа., – 1971. – № 27. – С. 110-119.
- 16.Березовський В. Я. Специфічні та неспецифічні ефекти електромагнітних випромінювань у біологічних об'єктах / В. Я. Березовський // Фізіологічний журнал. – 2003. – Т. 49, №. 2. – С. 13-24.
- 17.Бессонов А. Е. Концептуальные основы информационной медицины / А. Е. Бессонов, Е. А. Калмыкова // Вестник восстановительной медицины. – 2005. – №. 3. – С. 9.
- 18.Бетелева Т. Г. Возрастные особенности обработки зрительной информации в системе рабочей памяти / Т. Г. Бетелева, С. В. Синицын, Д. А. Фарбер // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №. 6. – С. 25-36.

19. Бирюкова Е. А. Синхронизация колебательных процессов в кардиореспираторной системе испытуемых с разным типом вегетативной регуляции / Е. А. Бирюкова, Е. Н. Чуян, О. Д. Богданова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Т. 22, № 61. – С. 18-29.
20. Божко Г. Х. Действие света повышенной интенсивности на экскрецию катехоламинов у больных депрессией / Г. Х. Божко, В. Н. Царицынский, Е. Н. Стреляная // Журн. неврол. и психиатр. – 1996. – Т. 96, № 1. – С. 58-60.
21. Боровиков В. П., Statistica – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков // М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. – 608 с.
22. Бусурин М. Ю. Приоритетные направления в разработке методов терапии и диагностики нейропатологических синдромов. Ретино-гипоталамическая функциональная система / М. Ю. Бусурин, Т. Г. Копылова // Арх. клин. эксп. мед. – 2002. – Т. 11, № 3. – С. 376-386.
23. Быков А. Т. Восстановительная медицина и экология человека: руководство / А. Т. Быков, Т. Н. Маляренко // М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2009. – 688 с.
24. Быков А. Т. Аромавоздействие как фактор оптимизации функционального состояния человека / А. Т. Быков, Т. Н. Маляренко, Ю. Е. Маляренко // Валеология. – 2006. – № 2. – С. 9.
25. Быков А. Т. Сенсорный приток и оптимизация функций сердца и мозга / А. Т. Быков, Т. Н. Маляренко // Ростов н/Д: ООО «Пилигрим-Парк», 2003. – 490 с.
26. Валькова Н. Ю. Количественная оценка вегетативной регуляции: методология, системное исследование влияния внешних и внутренних факторов: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.13 / Валькова Надежда Юрьевна. – Архангельск: НЮ, 2007.

27. Варвара Г. Г. Фототерапия больных с астенодепрессивным синдромом невротической природы / Г. Г. Варвара // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2010. – №. 4. – С. 29-31.
28. Варонецкас Г. Вариабельность сердечного ритма во время сна / Варонецкас Г. // Вісн. Харк. нац. ун-та. – 2002. – №. 545. – С. 10.
29. Вахитов И. Х. Динамика частоты сердечных сокращений и ударного объема крови у юных спортсменов в процессе занятий академической греблей / И. Х. Вахитов, О. П. Мартьянов // Казанский медицинский журнал. – 2011. – Т. 92, №. 2. – С. 167-169.
30. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / Под ред. А. М. Вейна. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 752 с.
31. Викулов А. Д. Сосудистый тонус и регулярные физические нагрузки / А. Д. Викулов, Е. Ю. Дратцев, А. А. Мельников // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №. 5. – С. 127-133.
32. Висоцька О. В. Виявлення десинхронозу функціонування серцево-судинної системи організму людини / О. В. Висоцька, А. П. Порван, Е. В. Куліш // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010. – Т. 8, №. 2. – С. 228-231.
33. Воронин И. М. Изменение регуляции ритма сердца под влиянием кратковременного светового воздействия / И. М. Воронин, М. А. Королёва, С. В. Шутова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2007. – Т. 12, №. 3. – С. 322-323.
34. Вякина И. А. Применение цветоимпульсной визуальной стимуляции в лечении гиперактивности с дефицитом внимания у детей / И. А. Вякина, И. Е. Повереннова // Саратов, науч.-мед. журн. – 2009. – Т. 5, №. 3. – С. 231-233.

35. Галеев А.Р. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет / А. Р. Галеев, Р. Н. Игишева, Э. М. Казин // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, №4. – С. 54–58.
36. Галустьян Г. Э. Особенности вариабельности артериального давления человека и животных / Г. Э. Галустьян, К. Е. Гавриков // Успехи физиол. наук. – 1999. – Т.30, №4. – С.67-80.
37. Геворкян Н. Э. С. Коррекция ритма сердца студентов пихтовым маслом при физической нагрузке / Н. Э. С. Геворкян // Scientific and Practical Journal of Health and Life Sciences – 2014. – № 2. – С. 79.
38. Гизингер О. А. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на нейтрофилы периферической крови доноров в условиях эксперимента / О. А. Гизингер // Иммунология. – 2009. – Т. 30, №. 5. – С. 263-267.
39. Глазачев О. С. Эффекты полимодальных ритмических сенсорных воздействий на состояние ЦНС и вегетативные функции человека / О. С. Глазачев, С. Я. Классина, О. В. Бобылева // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, №. 2. – С. 59-66.
40. Гойденко В. С. Визуальная цветостимуляция в рефлексотерапии, терапии и офтальмологии / В. С. Гойденко, В. А. Зверев // Русский медицинский журнал. - Москва. – 2000. – №. 1. С. 39-42.
41. Гойденко В. С. Стимуляция светом. Краткий обзор литературы, патентов и авторских свидетельств на изобретения / В. С. Гойденко, Е. Е. Мейзеров., Г. А. Адашинская // М.: Медицина, 1998. – С. 7-22.
42. Голубцов К. В. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека / К. В. Голубцов, И. Г. Куман, Т. С. Хейло // Информационные процессы. – 2003 – Т.3, № 2. – С. 114-122.
43. Готовский Ю. В. Цветовая светотерапия / Ю. В. Готовский, Л. Б. Косарева, Ю. Ф. Перов // М.: Имедис, 2009. – 464 с.
44. Гриднев В. И. Влияние внешних периодических стимулов на вариабельность сердечного ритма у здоровых лиц и у пациентов с

- ишемической болезнью сердца / В. И. Гриднев, А. Р. Киселев, Е. В. Котельникова // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, №. 5. – С. 74-83.
- 45.Гриднев В. И. Динамическая оценка вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы на основе синхронизации низкочастотных ритмов при терапии больных острым инфарктом миокарда / В. И. Гриднев, А. Р. Киселев, А. Б. Беспятов // Биология сложных систем. Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. 2, №. 1. – С. 73-77.
- 46.Гуляр С. О. Механізми первинної рецепції електромагнітних хвиль оптичного діапазону / С. О. Гуляр, Ю. П. Лиманський // Фізіологічний журнал. – 2003. – Т. 49, №. 2. – С. 35-44.
- 47.Гуменюк В. А. Цветовая фотостимуляция как способ направленной коррекции функционального состояния человека / В. А. Гуменюк, Т. Д. Джебраилова, Н. Я. Батова // Вестник Новгородского государственного университета. – 1998. – №. 8. – С. 48-53.
- 48.Дворянчикова А. П. Использование времени реакций для изучения временных и пространственных характеристик цветооппонентных и яркостных каналов на уровне сетчатки / А. П. Дворянчикова // Психология высших когнитивных процессов. – 2004. – № 5 – С. 123-142.
- 49.Димитриев Д. А. Изменение функционирования кардиореспираторной системы при воздействии белого шума / Д. А. Димитриев, О. С. Индейкина, А. Д. Димитриев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2 – С. 53-61.
- 50.Долина И. В. Интенсивная светотерапия / И. В. Долина // Военная медицина. – 2010. – №. 2. – С. 118-122.
- 51.Донина Ж. А. Межсистемные взаимоотношения дыхания и кровообращения. / Ж. А. Донина // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, №. 2. – С. 117-128.

52. Дратцев Е. Ю. Вегетативное управление сердечным ритмом и региональные сосудистые реакции / Е. Ю. Дратцев, А. Д. Викулов, А. А. Мельников // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №. 2. – С. 44-50.
53. Дудник Е. Н. Индивидуальные изменения деятельности сердца при однотипных физических воздействиях у лиц с различным тонусом вегетативной нервной системы / Е. Н. Дудник, А. В. Калита, Е. А. Диброва // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2007. – №. 3. – С. 39-43.
54. Егоров Е. А. Клинические лекции по офтальмологии / Е. А. Егоров, С. Н. Басинский // Москва. – 2007. – С. 148.
55. Есартя М. А. Биомодулирующие механизмы действия видимого и инфракрасного поляризованного света / М. А. Есартя, И. А. Потапова, В. В. Вишняков // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – 2006. – №. 9. – С. 49.
56. Жемайтите Д. И. Взаимодействие парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма / Д. И. Жемайтите, Г. А. Варонецкас, Е. Н. Соколов // Физиология человека. – 1985. – Т. 11. – №. 3. – С. 448-456.
57. Залесский В. Н. Фотодинамическая терапия: к 100-летию открытия (этапы развития и изучения механизмов действия) / В. Н. Залесский, С. А. Возианов, О. Б. Дынник // Журн. АМН України. — 2004. – №. 4. – С. 808-824.
58. Заморский И. И. Функциональная организация фотопериодической системы головного мозга / И. И. Заморский, В. П. Пишак // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34, №. 4. С. 37 – 53.
59. Зарипова Г. Р. Анализ вариабельности сердечного ритма у беременных женщин / Г. Р. Зарипова, Т. Ф. Миронова // С-Петербург.: Cardiomstim. 2000. – 506 с.

- 60.Зверев В. А. Офтальмохромотерапия заболеваний глаз, стрессов и психофизиологических расстройств / В. А. Зверев, Ю. Э. Мамедов // Труды науч.-практ. лаборатории "Резонанс". – 2008.
- 61.Зилов В. Г. Современные представления о лечебных механизмах методов восстановительной медицины / В. Г. Зилов // Вестник восстановительной медицины. – 2009. – №. 1. – С. 12-16.
- 62.Зима І. Г. Нейрофізіологічні кореляти індивідуально-типологічних характеристик людини в стані спокою / І. Г. Зима, Н. Г. Піскорська, М. Ю. Макарчук // Фізика живого. – 2008. – Т. 16, №. 2. С.127-133.
- 63.Зима І. Г. Особливості динаміки мозкового електрогенезу людини в стані пролонгованого спокою в залежності від типу її емоційної реакції (тест Бойко) / І. Г. Зима, С.В. Тукаєв, М. Ю. Макарчук // Фізика живого. – 2010. – Т. 18, №. 2. С. 127-135.
- 64.Зима І. Г. Нейродинаміка електричної активності головного мозку людини в стані пролонгованого спокою / І. Г. Зима // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2007. – № 105. – С.15-23.
- 65.Иванов А. В. Ритмосуггестивная коррекция состояния и неосознаваемые механизмы регуляции / А. В. Иванов, С. В. Квасовец, И. Б. Ушаков // Aviakosmicheskaja i ekologicheskaja meditsina. – 2011. – №. 05. – С. 11-18.
- 66.Иванов Л. Б. Лекции по клинической реографии / Л.Б.Иванов, В.А.Макаров. – М: АОЗТ „Антидор”, 2000. – 320 с.
67. Игнатов И. Процесс восприятия света и эволюция зрения у высших животных и человека / И. Игнатов, О. В. Мосин // Сознание и физическая реальность – 2012. – Т. 17, №. 10. – С. 14-27.
- 68.Измайлов Ч. А. Геометрическая модель различения пигментных цветов / Ч. А. Измайлов // Сенсорные системы. – 2010. – Т. 24, №. 1. – С. 27-40.
- 69.Измайлов Ч. А. Психофизиология цветового зрения. / Ч. А. Измайлов, Е. Н. Соколов А. М., Черноризов // М.: Изд-во МГУ, 1989. – 199 с.
- 70.Илюхин О. В. Скорость распространения пульсовой волны и эластические свойства магистральных артерий: факторы, влияющие на их механические

- свойства, возможности диагностической оценки / О. В. Илюхин, Ю. М. Лопатин // Вестник Вол. ГМУ. – 2006. – №. 1. – С. 3-8.
71. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы (Справочник) / Под редакцией Т. С. Виноградовой. – М.: Медицина, 1986. – 416 с.
72. Иомдина Е. Н. Первая в России экспериментальная депривационная модель миопии. / Е. Н. Иомдина Е. П. Тарутта, И. М. Курылева // Сборник научных трудов научно-практ. конф., Москва. – 2012. – Т. 2, – 688с.
73. Исаева И. В. Пролонгированное явление обонятельного сенсорного притока на функциональное состояние аппарата регуляции ритма / И. В. Исаева Ю. А., Говша // Вестник Тамбовского университета. – 2001. – Т. 6, №. 1. – С. 63-68.
74. Калакутский Л. И. Методика обработки биосигналов сердечного ритма с целью диагностики состояния коронарных артерий / Л. И. Калакутский, А. А. Федотов, Е. П. Лебедева // Известия ЮФУ. – 2012. – Т. 134, №. 9. – С. 15-27.
75. Калашникова С. А. Анализ структуры внутренних ресурсов личности в условиях зрительной депривации / С. А. Калашникова // Молодой ученый – 2012 – № 9. (44). – С. 240-242.
76. Камилов Х. М. Использование мелькающего света при дифференциальной диагностике патологии зрительного нерва. / Х. М. Камилов, М. С. Касымова, Р. А. Закирходжаев // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2012. – Т. 13, №. 2. – С.68-70.
77. Камкин А. Г. Фундаментальная и клиническая физиология. / А. Г. Камкин, А. А. Каменский // М.: Академия. 2004. – С. 521-551.
78. Каплан А. Я. Динамика альфа-активности электроэнцефалографии у человека при триггерной фотостимуляции в контуре интерфейса мозг—компьютер / А. Я. Каплан, А. Ю. Жигалов // Бюллетень сибирской медицины. – 2010. – Т. 9, №. 2. – С. 7-11.

79. Кириллова И. А. Зависимость циркадной организации сердечного ритма от пролонгированного музыкального сенсорного воздействия / И. А. Кириллова, Т. Н. Маляренко, И. М. Воронин // Российский физиологический журнал им. ИМ Сеченова. – 2007. – Т. 93, №. 2. – С. 180-188.
80. Киров М. Ю. Современный мониторинг гемодинамики в отделении анестезиологии и интенсивной терапии / М. Ю. Киров // Сиб. консилиум. – 2007. – Т. 2, №. 57. – С. 40-41.
81. Кирьянова В. В. Медико-социальная реабилитация больных с тяжелой черепно-мозговой травмой / В. В. Кирьянова, Н. Е. Иванова, А. С. Мустафаева // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2010. – №. 4. – С. 34-42.
82. Киселев А. Р. Колебательные процессы в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы / А. Р. Киселев, В. И. Гриднев // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Т. 7, №. 1. – С. 34-39.
83. Кислякова Е. М. Протоколы нейрофизиологического обследования и ведения пациентов с некоторыми генерализованными формами эпилепсии / Е. М. Кислякова, Я. Е. Акчурина., С. В. Савинов // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2010 – № 3 (20). – С. 116.
84. Клиническая физиология зрения. Под ред. Шамшиновой А. М., Яковлева А. А., Романовой Е. В. // М.: МБН. – 2002. – 672 с.
85. Коваленко С. А. Программная система определения показателей кардиодинамики в различных фазах дыхательного цикла / С. А. Коваленко, А. Е. Кушниренко // Кибернетика и вычислительная техника. – К. – 1999. – № 124. – С. 92-98.
86. Коваленко С. О. Спектральний аналіз коливань ударного об'єму крові у чоловіків в спокої та при різних навантаженнях / С. О. Коваленко // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2008. – № 2. – С. 59-63.

- 87.Коваленко С. О. Аналіз варіабельності серцевого ритму за допомогою методу медіанної спектрограми / С. О. Коваленко // Фізіологічний журнал. – 2005 – Т.51, № 3. – С. 92-95.
- 88.Коваленко С. О. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання („CASPICO”). / С. О.Коваленко, М. Е.Яковлєв / Авторське свідоцтво України №11262 – 54 с. – Укр.. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права” – 2005. – № 6. – С.338.
- 89.Коваленко С.О. Особливості центральної гемодинаміки та її коливань у осіб із різним рівнем кровонаповнення органів грудної клітки / С.О.Коваленко, А.В.Рибалко // Фізіол. журнал. – 2009. – Т.55, №5. – С. 97-103.
- 90.Коваленко С. О. Крос-спектральний аналіз коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R у чоловіків в спокої та при різних навантаженнях // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т. 54, № 1. – С. 79-84.
- 91.Коваленко С. О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей. Дис... доктора біол. наук. – Черкаси. – 2009. – 372 с.
- 92.Коваленко С. О. Статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою Excel / С. О. Коваленко, А. І. Стеценко, С. М. Хоменко. – Черкаси: Вид-во Черкаського ун-ту, – 2002. – 114 с.
- 93.Коваленко С. О. Програмна система первинної обробки кардіографічних сигналів / С. О. Коваленко, О. Є. Кушніренко, Л. І. Носенко // Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. – Черкаси. – 2000. – № 22. – С. 73-78.
- 94.Коваленко С. О., Яковлєв М. Е. Комп'ютерна програма для фотостимуляції “Lightmaker”. Авторське свідоцтво України № 16134. – 52с. – Укр. – Деп. в УААСП 4.04.2006. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права”. – 2006. – № 9. – С. 343.

95. Козачук И. В. Эффекты аудиостимуляции в виде звуков природы на регуляцию сердечного ритма / И. В. Козачук, И. А. Кириллова // Вестник Тамбовского университета. – 2012. – Т. 17, №. 4. – С. 1270-1272.
96. Козлов В. К. Принцип системности в медицине и актуализация проблем медицинской профилактики // Electronic journal Biocosmology. – 2011. – Т. 1, №. 2-3. – С. 181-220.
97. Козловский А. П. Перспектива применения фотостимуляции зрительного анализатора в спортивной медицине / А. П. Козловский, Н. В. Кузнецова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – Т. 152, №. 8. – С. 197-200.
98. Комиссаров В. И. Возможность матричного представления сенсорной информации в коре головного / В. И. Комиссаров // Университетская наука: теория, практика, инновации. – 2008. – Т. 14. – С. 40.
99. Королёва М. А. Влияние пролонгированного светового воздействия на вегетативную регуляцию сердечного ритма / М. А. Королёва, И. М. Воронин // Вестник Тамбовского университета. Биологические науки. – 2009. – Т. 1000. – №. 876. – С. 97.
100. Королёва М. А. Вариабельность сердечного ритма при воздействии интенсивного света в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека / М. А. Королёва, И. М. Воронин, С. В. Шутова // Вестник Тамбовского университета. – 2008. – Т. 13. – С. 184-187.
101. Короткова Г. В. Периферический кровоток у девушек 18-22 лет в условиях изометрических нагрузок нарастающей величины / Г. В. Короткова, Э. А. Городниченко // Фундаментальные исследования. – 2009. – №. 5. – С. 32-36.
102. Котельников С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С. А. Котельников, А. Д. Ноздрачев, М. М. Одинак // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, №. 1. – С. 130-143.
103. Котровский А. В. К вопросу о физиологических основах лечебного воздействия аппаратов визуальной цветостимуляции светом /

- А. В. Котровский // Визуальная цветостимуляция в рефлексологии, неврологии, терапии и офтальмологии. – 2005. – С. 84-86.
104. Кофан И. Н. К вопросу о взаимосвязи вестибулярной и зрительной сенсорных систем при организации произвольных движений. / И. Н. Кофан // Вісник Дніпропетровського університету – 2000. – Т 1., № 8. – С. 87-90.
105. Кочина М. Л. Многофункциональный прибор для проведения психофизиологических исследований / М. Л. Кочина, А. Г. Фирсов // Прикл. радиоэлектроника. — 2010. – №. 2. – С. 260-265.
106. Кошелев В. Б. Математическое моделирование гемодинамики сердечно-сосудистой системы с учетом влияния нейрорегуляции / В. Б. Кошелев, С. И. Мухин, Т. В. Соколова // Математическое моделирование. – 2007. – Т. 19, №. 3. – С. 15-28.
107. Кравцов П. Я. Механизмы влияний филогенетически гетерогенных отделов коры головного мозга на нейроны гипоталамуса / П. Я. Кравцов, Л. В. Натрус, А. В. Терещенко // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2000. – Т. 9, №. 1. – С. 14-17.
108. Криницкая О. И. Влияние зрительной депривации на развитие моторной сферы и речи детей дошкольного возраста / О. И. Криницкая // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – №. 2. – С. 229-232.
109. Крот А. Ф. Современный этап развития хрономедицины / А. Ф. Крот // Актуальные вопросы диагностики, терапии и реабилитации психических и поведенческих расстройств : Материалы международной конференции – Гродно : ГрГМУ, – 2012. – С. 161.
110. Кудря О. Н. Особенности периферической гемодинамики спортсменов при адаптации к нагрузкам различной направленности / О. Н. Кудря, М. А. Кирьянова, Л. В. Капилевич // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11, №. 3. – С. 48-52.

111. Курьянова Е. В. К вопросу о применении спектральных и статистических параметров variability сердечного ритма для оценки нейровегетативного состояния организма в эксперименте / Е. В. Курьянова // Бюллетень СО РАМН. – 2009. – Т. 140, №. 6. – С. 30-37.
112. Кучинов А. И. Использование цвето-ритмовоздействия в сочетании с неосознаваемой визуальной суггестией в лечении пограничных психических и психосоматических расстройств / А. И. Кучинов, О. В. Юртов // Вестник новых медицинских технологий. – 2001. – Т. 8, №. 4. – С. 36-38.
113. Кучинов А.И. Цветотерапия / А.И. Кучинов, Е.В. Безносюк // Сборник материалов конгресса "Традиционная медицина – 2000", г. Элиста, – 2000 – С. 196-198.
114. Латанов А. В. Сравнительная нейробиология цветового зрения животных-трихроматов: экспериментальное исследование и моделирование / А. В. Латанов // Вестник Московского университета. – 2010. – Т 14., № 4. –С. 110.
115. Леви М. Н. Нейрогуморальная регуляция работы сердца / М.Н.Леви, П.Ю.Мартин // В кн.: Физиология и патофизиология сердца. Пер с англ. / Под ред. Н.Сперелакиса. В 2-х т. Т.2. – М.: Медицина, 1988. – С. 64-90.
116. Леонов Б. И. Перспективы применения немедикаментозных технологий в спорте / Б. И. Леонов, А. А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – №. 1. – С. 68.
117. Леонова Л. А. Влияние цветового фона компьютерных программ на функциональное состояние организма дошкольников при работе на компьютере / Л. А. Леонова, Г. Н. Лукьянец, Л. В. Макарова // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №. 2. – С. 70-75.
118. Луговая А. М. Антистрессовая цветокоррекция в психотерапии и психологии // Психотерапия, – 2007. – №12, – С. 11-14.

119. Луговая А. М. Цветоимпульсная терапия / А. М. Луговая, В. В. Малахов, В. В. Чернышев // Результаты и перспективы.— 2005. – Т. 7. – С. 27-31.
120. Лучицкая Е. С. Функциональные особенности гемодинамики подростков в условиях различной двигательной активности / Е. С. Лучицкая, В. Б. Русанов // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №. 4. – С. 43-50.
121. Мадяр С. А. Корекція несприятливих психофізіологічних станів за допомогою кольорового зворотного зв'язку за електроенцефалографією / С. А. Мадяр, В.Б Павленко., Е.В. Ейсмонт // Медична інформатика та інженерія. – 2012. – №. 1. – С. 27-37.
122. Макконен К. Ф. Разработка структуры модуля директивной цветостимуляции, реализующего реабилитационный вектор воздействия / К. Ф. Макконен, Ф. А. Пятакович // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. – М., – 2008. – Т.7. № 2. – С. 335-338.
123. Максимова Е. М. Нейромедиаторы сетчатки и перестройки в нервных слоях сетчатки при дегенерации фоторецепторов. / Е. М. Максимова // Сенсорные системы. – 2008. – Т.22, № 1 – С. 36-51.
124. Маляренко Т. Н. Возрастной аспект медицины сна: нелекарственная коррекция ритма сердца / Т. Н. Маляренко, Ю.Е. Маляренко, В.П. Терентьев // Тр. VI Всеросс. конф. «Актуальные проблемы сомнологии». – С-Пб. – 2008. – С. 57.
125. Маляренко Т. Н. Музыкальные сенсорные притоки: поиск путей расширения функциональных резервов системы регуляции сердечного ритма / Т. Н. Маляренко, И. М. Воронин // Вестник Тамбовского университета. – 2001. – Т. 6, №. 1. – С. 63-65.
126. Маляренко Т. Н. Механизмы расширения резервных возможностей сердца и мозга пролонгированными сенсорными притоками /

- Т. Н. Маляренко // Оптимизация функций сердца и мозга: Тезисы докл. с межд. участием. – Тамбов. – 2000. – С. 82-84.
127. Мамий В. И. О природе низкочастотной составляющей вариабельности ритма сердца и роли симпатико-парасимпатического взаимодействия / В. И. Мамий, Н. Б.Хаспекова // Российский физиологический журнал им. ИМ Сеченова. – 2002. – Т. 88, №. 2. – С. 237-247.
128. Меерсон Ф. З. Стресс-лимитирующие системы организма и новые принципы профилактической кардиологии / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова // М.: Медицина. – 1989. – 72 с.
129. Меркулов И. И. Клиническая офтальмология. / И. И. Меркулов – М.: Рипол Классик. 2013. – 404 с.
130. Мешконис И.И. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у высококвалифицированных пловцов: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Волгоград, 1966. – 19 с.
131. Минина Е. Н. Возрастные особенности вестибуло-ольфакторно-вегетативных взаимосвязей в обеспечении вегетативной регуляции деятельности и возможности их коррекции / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2010. – Т. 23, № 4. – С. 158-164.
132. Миронова Т. В. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца (Введение в ритмокардиографию и атлас ритмокардиограмм) / Т.В.Миронова, В.А.Миронов. – Челябинск, 1998. – 162 с.
133. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М.Михайлов. – Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2003. – 290 с.
134. Моргалев Ю. Н. Проверка методики формирования индивидуального одорантокоррекционного рецепта для нормализации психофизиологического состояния человека / Ю. Н. Моргалев, Т. Г. Моргалева, Л. В. Волнин // Валеология. – 2002. – №. 4. – С. 54-57.

135. Мухин В. Н. Состояние мобилизационной готовности и частотная структура variability сердечного ритма / В. Н. Мухин, В. М. Клименко // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2009. – Т. 95, №. 4. – С. 367-375.
136. Нероев В. В. Результаты комплексного лечения амблиопии у детей при односторонних врожденных катарактах с применением физических и традиционных методов / В. В. Нероев, М. В. Зуева, Т. В. Судовская // Российская педиатрическая офтальмология. – 2009. – №. 3. – С. 17-22.
137. Несмелова Н. Н. Вегетативные компоненты ориентировочного компонента человека на звуковые сигналы разной интенсивности / Н. Н. Несмелова // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2005. – №. 7. – С. 164-170.
138. Нешумова Т. В. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы при сезонном аффективном расстройстве и светолечении / Т. В. Нешумова, К. В. Даниленко, А. А. Путилов // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, № 3. – С. 83–88.
139. Низамова Г. Р. Особенности взаимоотношений сегментарных и супрасегментарных отделов вегетативной нервной системы у больных с вегетативными кризами и гипертонической болезнью / Г. Р. Низамова, Н. Р. Хасанов, Д. Р. Хасанова // Практическая медицина. – 2006. – №. 16. – С. 31-33.
140. Новиков Я. С. К вопросу о нейрофизиологических основах применения цветоимпульсной терапии в лечении офтальмопатологии / Я. С. Новиков // Вестн. офтальмологии. – 2011. – Т. 127, №. 3. – С. 59-62.
141. Новикова Л. М. Музыка и медицина: история и пути взаимодействия. Арт-терапия в психиатрической практике / Л. М. Новикова // Матер. науч.-практ. конфер. Москва. – 2012. – С. 18.
142. Новохатский А.С. Монологи и диалоги по нейроофтальмологии и клинической физиологии зрения. / А.С. Новохатский // Луганск, 2008, – 271 с.

143. Ноздрачев А. Д. Автономная передача / А.Д. Ноздрачев, А.В. Януев. – СПб: Изд-во СПбГУ, 1995. – 283 с.
144. Ноздрачев А. Д. Один из взглядов на управление сердечным ритмом: интракардиальная регуляция / А. Д. Ноздрачев, Ю. П. Мажара, С. А. Котельников // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, №. 2. – С. 116-129.
145. Огурцова М. Б. Особенности центральной и регионарной гемодинамики у спортсменов-пловцов в различных положениях тела и при физической нагрузке / М. Б. Огурцова, А. Н. Демин // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2007. – №. 11. – С. 154-158.
146. Осипова М.А. Модуляция альфа-ритма и вегетативного статуса человека с использованием цветовой фотостимуляции / М.А. Осипова, В.В.Арьков, А.Г. Тоневицкий // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, М. – 2010. – № 6. – С. 699-703.
147. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю.Е.Лях и др. – Донецк: Папакица Е.К., 2006. – 214 с.
148. Палеев Н. Р. Реография / Н. Р. Палеев, И. М. Каевицер // В кн.: Руководство по кардиологии. / Под ред. Е.И. Чазова. Методы исследования сердечно-сосудистой системы. – 1981. – Т. 2. – С. 40-54.
149. Палієнко І. А. Вплив диференційованої світлоколірної стимуляції зорового аналізатору на показники автокорелограми ритму серця у здорових осіб / І. А.Палієнко // Фізіологічний журнал. – 2001. – Т. 47, № 1. – С.73-75.
150. Парамей О. В. Офтальмологические находки у новорожденных с гипоксически-ишемическим поражением ЦНС в первую неделю жизни / О. В. Парамей, Л. П. Парамей, Е. В. Пономарева // Мат. VIII Московской научно-практической нейроофтальмологической конференции «Актуальные вопросы нейроофтальмологии» – М., – 2004. – С. 136.
151. Патент 4855884/SU, G01 N33/49; A61 B5/0295. Спосіб прижиттєвого визначення вмісту крові в органах тварин // Янчук П. І., Цибенко В. О.;

- заявник та власник Київський університет ім. Тараса Шевченка. – заявл. 4.06.1990; опубл. 27.12.1994, бюл. № 6.
152. Патент України № 51480, МПК А61В5/08. Пристрій для вимірювання параметрів дихання / Засядьвовк В. О., Коваленко С. О.; заявник та власник патенту Коваленко С. О. – №2002042836; заявл. 9.04.2002; опубл.15.05.2006, Бюл. № 5.
153. Патент України №90975, МПК А61В5/02, А61В5/053. Спосіб визначення коливань тону су периферійних судин / Коваленко С.О., Рибалко А.В., Токар С.І.; заявник та власник патенту Коваленко С.О. – №а 2009 03184; заявл. 3.04.2009; опубл.10.06.2010, Бюл. №11.
154. Петров К. Б. Дифференцированное применение офтальмостимуляции для профилактики дезадаптивных расстройств у спортсменов / К. Б. Петров, С. Н. Коренева // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2010. – Т. 3. – С. 39-43.
155. Петросиенко Е. С. Влияние межполушарной асимметрии на активность функционирования сердечно-сосудистой системы как меры напряжения сердечных адаптационных механизмов / Е. С. Петросиенко // Асимметрия. – 2011. – Т. 5, №. 3. – С. 15-22.
156. Пиковский А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / А. Пиковский, М. Розенблюм, Ю. Куртс — М.: Техносфера, 2003. – 494 с.
157. Подвигин Н. Ф. Комплексная ориентационная избирательность нейронов зрительной системы / Н. Ф. Подвигин, Т. В. Багаева, Д.Н. Подвигина // Доклады Академии наук. – Академиздатцентр: "Наука" РАН, – 2006. – Т. 410, №. 6. – С. 839-842.
158. Подвигин Н. Ф. Нейронный механизм описания формы трехмерных зрительных объектов по их двумерным ретинальным отображениям / Н. Ф. Подвигин, Е. Г. Якимова, Т. А. Шереметьева // Доклады Академии наук. – Академиздатцентр: "Наука" РАН, – 2010. – Т. 431, №. 2. – С. 266-268.

159. Покровский В. М. Интеграция уровней сердечного ритмогенеза: генератор ритма сердца в мозге / В. М. Покровский // *J. of Integrativ Neuroscience*. – 2005. – Т. 4. – №. 2. – С. 89-98.
160. Покровский В. М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптационных возможностей организма. / В. М. Покровский // Краснодар: Кубань-книга, – 2010. – 244 с.
161. Полянский В. Б. Вычисление цветовых и яркостных различий нейронами наружного коленчатого тела кролика / В. Б. Полянский, Д. В. Евтихин, Е. Н. Соколов // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2006. – Т. 56, №. 1. – С. 74-84.
162. Полянский В. Б. Звук улучшает различение слабых интенсивностей света в зрительной коре кролика / В. Б. Полянский, Д. Э. Алымкулов // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2012. – Т. 61, №. 5. – С. 595-605.
163. Пономаренко В. И. Синхронизация сердцебиения и ритма регуляции сосудистого тонуса с дыханием / В. И. Пономаренко, В. И. Гриднев, М. Д. Прохоров // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. – 2004. – № 8-9. – С. 40-51.
164. Попова И. Е. Особенности региональной гемодинамики у легкоатлетов-бегунов на средние дистанции / И. Е. Попова, Г. Н. Германов, Е. Г. Цуканова // *Ученые записки*. – 2010. – Т. 2. – С. 104-112.
165. Потанин М. Б. Ультраструктура нейронов супрахиазматического ядра гипоталамуса у крыс с разной стресс-реактивностью / М. Б. Потанин, В. П. Туманов, В. Б. Писарев // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2007. – Т. 144, №. 11. – С. 578-581.
166. Прошина Ю. В. Структура гипоталамических ядер при тяжелой черепно-мозговой травме / Ю. В. Прошина, В. Г. Папков // *Судебно-медицинская экспертиза*. – 2007. – Т. 50, №. 1. – С. 13-14.
167. Пугачев К. С. Сверхмедленные колебания потенциалов нейромодуляторных центров головного мозга и корковых отделов

- сенсорных систем / К. С. Пугачев, А. А. Кребс, И. В. Филиппов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2014. – № 1(17). – С. 51-56.
168. Пятакович Ф. А. Модели и алгоритмы для автоматизированной классификации цветоощущения и цветовосприятия / Ф. А. Пятакович, Ю. А. Курлов // Успехи современного естествознания. – 2006. – №. 10. – С. 55-58.
169. Рассошанский А. Ю. Цветодиагностика и цветолечение в офтальмологии: Новые медицинские технологии./ А.Ю. Рассошанский, В.И. Савиных. – Новокузнецк-Екатеринбург: НГИУВ. – 2003. – 105 с.
170. Резникова Т. Н. Влияние психофизиологического состояния на цветовое восприятие ритмических фотостимуляций / Т. Н. Резникова, Ю. Г. Хоменко, И. А. Святогор // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2006. – №. 2. – С. 78-80.
171. Рзаева Н. М. Зрительная кора и ее участие в регуляции функции сетчатки / Н. М. Рзаева, А. И. Дмитренко // Вестник офтальмологии. – 2013. – Т. 129, №. 1. – С. 4-8.
172. Рибалко А.В. Вплив короткочасної зорової депривації на стан та хвильові процеси у центральній гемодинаміці / А.В.Рибалко, С.О.Коваленко // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2007. – Вип. 105. – С. 108-114.
173. Рибалко А.В. Вплив монохромного світла різного рівня інтенсивності на центральну гемодинаміку та хвильові процеси серцевого ритму / А.В. Рибалко // Вісник Черкаського університету. Серія: біологічні науки. – 2009. – Вип. 128. – С. 109-114.
174. Рибалко А.В. Зміни центральної гемодинаміки та хвильової структури серцевого ритму при імпульсній офтальмофотостимуляції / А.В.Рибалко, С.О.Коваленко // Фізика живого. – 2010. – Т.18, №2. – С.142-145.
175. Рибалко А.В. Вплив різних патернів офтальмостимуляції на стан серцево-судинної системи людини / А.В.Рибалко, С.О.Коваленко,

- С.І.Токар // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2012. – Вип. 39 (252). – С. 93-98.
176. Рибалко А.В. Вплив імпульсної офтальмофотостимуляції на серцево-судинну систему при різних рівнях вегетативного тону / А.В.Рибалко, С.О.Коваленко, Л.І.Кудій // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2013. – Вип. 2 (255). – С. 89-93.
177. Рыбалко А.В. Влияние исходного уровня вегетативного тонуса на изменения в сердечно-сосудистой системе при импульсной офтальмофотостимуляции / А.В. Рыбалко // Сборник статей VI Междунаучно-практ. конф. «Высокие технологии, фундаментальное и прикладное исследования в физиологии и медицине» – Санкт-Петербург, – 2014. – С. 111-116.
178. Руткай-Недецьки И. Проблемы электрокардиологической оценки влияния вегетативной нервной системы на сердце / И.Руткай-Недецьки // Вестник аритмологии. – 2001. – №. 22. – С. 56-60.
179. Сакеллион Д. Н. Низкочастотная сенсорная стимуляция мозга / Д. Н. Сакеллион, У. Х. Алимов // Nevrologiya. – 2013. – Т.56, № 2. – С. 5-9.
180. Самойлова К. А. Улучшение микроциркуляции крови у больных диабетом после локального облучения полихроматическим видимым и сочетанным видимым и ближним инфракрасным светом / К. А. Самойлова, М. А. Меншутина, Е. Ю. Васина // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5, №. 2. – С. 69-77.
181. Самойлова К. А. Механизмы противовоспалительного, иммуномодулирующего, ранозаживляющего и нормализующего обмен веществ действия света прибора «Биоптрон» / К. А. Самойлова // Материалы науч-практ. конф. «Новые направления в использовании светотерапии «Биоптрон». – 2003. – С. 10-14.
182. Севрюкова Г. А. Оценка эффективности применения методов биорезонансного воздействия на ЦНС / Г. А. Севрюкова, О. Н. Москвина

- // Материалі. 2-й Всерос. науч-практ. конф. «Физиология адаптации» – 2010. – Волгоград. – С. 20.
183. Селезнев А. В. Эффективность комплексного лечения косоглазия у детей в условиях специализированного детского сада / А. В. Селезнев, Е. А. Вакурин, Т. Ф. Абрамова // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2009. – Т. 14. – С. 76.
184. Селезнев А. Н. Применение светодиодного фотоматричного облучения красным цветом у больных с цервикальной дорсопатией / А. Н. Селезнев, А. А. Савин // Zh Nevrol Psikhiatr Im SS Korsakova. – 2012. – Т. 112, №. 1. – С. 94-100.
185. Серова Н. К. Современные аспекты нейроофтальмологии / Н.К. Серова – М., – 2002. – С. 12–14.
186. Скоробогатова Н. В. Изучение проблемы социальной перцепции у дошкольников с нарушением зрения / Н. В. Скоробогатова // Специальное образование. – 2010. – №. 1. – С. 84-91.
187. Смирнов В. М. Артифициальные стабильные функциональные связи. / В. М. Смирнов, Ю. С. Бородкин – Л.: Медицина. – 1979. – 192 с.
188. Смирнов В. М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. / В. М. Смирнов, С. М. Будылина – М.: Издательский центр «Академия» – 2003. – 304 с.
189. Соколов Е. Н. Психофизиология ахроматического зрения: от простых нервных систем к человеку / Е. Н. Соколов, Т. А. Палихова, Л. К. Хлудова // Психология человека в современном мире.– 2009. – Т. 4. – С. 370.
190. Солдатова А. М. Роль свободнорадикальных, окислительно-восстановительных процессов видимого света в патогенезе склеротической макулодистрофии / А.М. Солдатова // Офтальмологический журнал. – 1992. – № 5-6. – С. 273-280.
191. Стаханова Г. А. Опыт применения цветоимпульсной терапии в лечении бронхиальной астмы / Г. А. Стаханова // Сборник статей “Визуальная

- цветостимуляция в рефлексологии, неврологии, терапии и офтальмологии” РМАПО. – 1998 – С. 109-110.
192. Стоянов А. Н. Фотоэнергетическая система и вегетативное регулирование / А. Н. Стоянов // XXVI Межд. науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии.» – 2006. – С. 145-146.
193. Стоянов А. Н. Значение оптико-вегетативной системы для клинической нейровегетологии / А. Н. Стоянов, А. С. Сон // Международный неврологический журнал. – 2010. – №. 5. – С. 24-26
194. Судаков К. В. Теория функциональных систем и ее применение в физиологии и медицине / К. В. Судаков // Новости медико-биол. наук. – 2004. – №. 4. – С. 109-133.
195. Судаков К. В. Системные основы эмоционального стресса / К. В. Судаков, П. Е. Умрюхин – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2010. – 230 с.
196. Сурушкин М. А. Разработка структуры блока цветостимуляции для биоуправляемого игрового модуля «XONIX» / М. А. Сурушкин, Ф. А. Пятакович, Т. И. Якунченко // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – №. 5. – С. 21-23.
197. Суханова И. В. Взаимосвязь морфофункциональных показателей и типов гемодинамики у юношей Северо-Востока России / И. В. Суханова, А. Я. Соколов // Экология человека. – 2008. – № 5. – С. 36-39.
198. Сухолозова М. А. Физиологический анализ коррекции функционального состояния с помощью полисенсорных потоков / М. А. Сухолозова, Н. Н. Сентябрев // Естественные науки – 2008. – Т. 25, №. 4. – С. 97.
199. Талалаева Г. В. Роль биологического времени человека в условиях техно-, ноосферы и креативного сообщества / Г. В. Талалаева // Фундаментальные исследования. – 2006. – №. 12. – С. 104-106.
200. Талибов А. Х. Особенности реакции кровообращения на различные физические нагрузки в зависимости от уровня тренированности

- спортсменов / А. Х. Талибов // Ученые записки. – 2009. – Т. 11. (57) – С. 96.
201. Тимошенко Т. А. Современные методы лечения амблиопии у детей / Т. А. Тимошенко, А. Л. Штилерман // Pasifik medical journal. – 2013. – №. 4. – С. 59.
202. Тимченко А. Н. Основы биоритмологии: учебно-методическое пособие. / А. Н. Тимченко – Харьков, 2012. – 149 с.
203. Трибрат Н. С. Влияние электромагнитных излучений различного диапазона на процессы микроциркуляции / Н. С. Трибрат, Е. Н. Чуйн, М. Ю. Раваева // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – Т. 9, №. 35. – С. 15-27.
204. Тянь В. Н. Светоимпульсная терапия как метод коррекции психоэмоционального состояния у больных с грыжами межпозвоночных дисков / В. Н. Тянь // Сборник статей «Визуальная цветостимуляция в рефлексологии, неврологии, терапии и офтальмологии». РМАПО. – 1998 – С. 75-77.
205. Уолтер Г. Живой мозг // М.: Мир, 1970. – 300 с
206. Усанов Д. А. Изменение нистагмограмм и электроэнцефалограмм человека при периодическом световом воздействии на глаза / Д. А Усанов, Б. П. Безручко, Т. Б. Скрипаль // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2007. – №. 11. – С. 9-13.
207. Усанова Т. Б. Исследование биоэлектрической активности мозга и характера сердечной деятельности при подавлении нистагма в процессе периодического светового воздействия / Т. Б. Усанова, В. Н. Николенко, А. В. Скрипаль // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – Т. 7, №. 1. – С. 97-102.
208. Устинова Г. Н. Применение поляризованного некогерентного света в комплексном лечении неонетальных желтух / Г. Н. Устинова // Аспирантский вестник Поволжья. – 2009. – № 3-4. – С. 23-26.

209. Ухтомский А. А. О нервно-гуморальных соотношениях. Собрание сочинений. Т.2 / А. А. Ухтомский. – Л., 1951. – С. 136–147.
210. Файфура В. В. Вегетативна регуляція серцевої діяльності при гіпотиреозі / В. В. Файфура, С. М. Чарнош, О. В. Грицуняк // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. – 2009. – №. 1. – С. 7.
211. Фарбер Д. А. Формирование системы зрительного восприятия в онтогенезе / Д. А. Фарбер, Т. Г. Бетелеві // Физиология человека – 2005. – Т.31. – С. 26-36.
212. Фатенков В. Н. Новый взгляд на биомеханику сердца / В. Н. Фатенков // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2009. – №. 5. – С. 65-70.
213. Федотчев А. И. Использование сигналов обратной связи от эндогенных ритмов / А. И. Федотчев, А. Т. Бондарь, С. Г. Матрусов // Успехи физиологических наук. – 2006. – Т. 37, №. 4. – С. 82-93.
214. Федотчев А. И. Стресс, его последствия для человека и современные нелекарственные подходы к их устранению / А. И. Федотчев // Успехи физиол. наук. – 2009. – Т. 40, №. 1. – С. 77-91.
215. Федотчев А. И. Неспецифические механизмы адаптации ЦНС к прерывистым раздражениям, спектральная структура ЭЭГ и оптимальные параметры ритмических сенсорных воздействий / А. И. Федотчев, А. Т. Бондарь // Успехи физиол. наук. – 1996. – Т. 27, №. 4. – С. 44-62.
216. Филиппов И. В. Сверхмедленные колебания потенциалов латерального коленчатого тела и первичной зрительной коры как корреляты процессов переработки зрительной информации / И. В. Филиппов // Сенсорные системы. – 2007. – Т. 21, №. 2. – С. 165-173.
217. Филоненко А. В. Светотерапия в реабилитации новорожденных и младенцев / А. В. Филоненко, В. Б. Любовцев // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – Т. 6. – С. 39.
218. Фишман М. Н. Функциональное состояние головного мозга детей с нарушением слуха и трудностями формирования речевого общения / М. Н. Фишман // Дефектология. – 2003. – №. 1. – С. 3-7.

219. Фокин В. Ф. Динамическая функциональная асимметрия как отражение функциональных состояний / В. Ф. Фокин // Асимметрия. – 2007. – Т. 1, №. 1. – С. 4-9.
220. Фудин Н. А. Реабилитация постстрессорных нарушений с использованием тепло-холодовых процедур и витаминных комплексов в спорте / Н. А. Фудин, С. Я. Классина, С. В. Чернышев // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, №. 2. – С. 145-149.
221. Хадарцев А. А. Патофизиология стресса как баланс стрессогенных и антистрессовых механизмов / А. А. Хадарцев, В. Н. Морозов // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2012. – №. 7. – С. 16-21.
222. Хадарцев А. А. Физиологические основы визуального восприятия при подготовке спортсменов с позиций синергетики / А. А. Хадарцев, И. Ю. Радчич // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19. – №. 2. – С. 17-20.
223. Халфина Р. Р. Динамика критической частоты слияния световых мельканий при зрительном утомлении у пользователей персональными компьютерами в ходе реабилитационных мероприятий / Р. Р. Халфина, Р. М. Халфин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 6. – С. 566.
224. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца / Н. Б. Хаспекова // Вестник аритмологии. – 2003. – Т. 32. – С. 15.
225. Хаспекова Н. Б. Регуляция вариабельности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга. Дисс... докт. мед. наук. М., Ин-т ВНД. – 1996. – 236 с.
226. Хаютин В. М. Колебания частоты сердцебиений: спектральный анализ / В. М. Хаютин, Е. В. Лукошкова // Вестник аритмологии. – 2002. – Т. 26. – С. 10-21.

227. Хватова А. В. Принципы фоновой стимуляции в лечении амблиопии / А. В. Хватова, Н. Н. Слышалова, А. М. Шамшинова // Вестник офтальмологии. – 2005. – №. 1. – С. 19-21.
228. Хватова М. В. Расширение резервных возможностей сердца и мозга у женщин с разной стрессорной устойчивостью при помощи пролонгированных сенсорных притоков / М. В. Хватова, И. В. Исаева, С. В. Шутова // Валеология. – 2002. – №. 4. – С. 48-54.
229. Хетагурова Л. Г. Этапы становления хронобиологии и хрономедицины в России (исторический очерк) / Л. Г. Хетагурова, С. И. Рапопорт, Н. К. Ботоева // Пространство и время. – 2013. – №. 2 (12). – С. 228-237.
230. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. – М.: Мир, 1990. – 239 с.
231. Цибенко В. О. Фізіологія кровообігу / В. О. Цибенко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 248 с.
232. Чернінський А. О. Зв'язок фонових та реактивних значень спектральної потужності ЕЕГ людини при виконанні діяльності з різним ступенем інформаційної насиченості / А. О. Чернінський, С. А. Крижановський, С. В. Тукаев // Фізика живого. – 2010. – №. 2 – С. 86-91.
233. Чернинский А. А. Изменения ЭЭГ человека при направленном восприятии и анализе обонятельной информации / А. А. Чернинский, И. Г. Зима, Н. Е. Макаручук // Нейрофизиология – 2009. – Т. 41. – С. 70-78.
234. Чеснокова В. Н. Сезонные изменения кардиогемодинамики у студентов с различными типами кровообращения в условиях Приполярья / В. Н. Чеснокова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – №. 4. – С. 84-89.
235. Чибисова А. Н. Нейрофизиологические механизмы реабилитации центральных зрительных нарушений методом импульсных модулирующих электрических воздействий / А. Н. Чибисова, В. П. Берснев, А. Б. Федоров // Казанский медицинский журнал. – 2008. – №5. – С. 678-683.

236. Чумак А. Г. С. Сегментарные механизмы регуляции сердечного ритма у крыс / А. Г. Чумак, С. А. Руткевич, Г. С. Полухович // Матер. респ. конфер. «Кислород и свободные радикалы» – Гродно : ГрГМУ, . – 2014. – С. 211.
237. Чурилова Т. М. Дифференциальная и возрастная психофизиология / Т. М. Чурилова, Ю. Е. Леденева, М. В. Топчий // Северо-Кавказский социальный институт. – 2004. – 220 с.
238. Чуян Е. Н. Физиологические механизмы variability сердечного ритма (обзор литературы) / Е. Н. Чуян, Е. А. Бирюкова, М. Ю. Раваева // Ученые записки. – 2008. – Т. 21, №. 3. – С. 168-189.
239. Шерклифф У. Поляризованный свет. / У. Шерклифф – М.: Рипол Классик, 2013. – 260 с.
240. Шульговский В. В. Основы нейрофизиологии. / В. В. Шульговский – М.: Аспект Пресс, 2002. – 277 с.
241. Шумахер Г. И. Применение хромотерапии у лиц, занимающихся интенсивным умственным трудом / Г. И. Шумахер, В. В. Елисеев, А. В. Быкодаров // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 8. – №. 2. – С. 567-570.
242. Шустов М. А. Цветодинамические устройства ритмической стимуляции / М. А. Шустов // Парапсихология и психофизика. – 1999. – №. 2. – С. 74-76.
243. Шушарджан С. В. Современные методы музыкальной терапии и эффекты, возникающие при воздействии музыкой и различными акустическими сигналами на организм человека / С. В. Шушарджан // Традиционная медицина. – 2005. – Т. 2, №. 7. – С. 23-29.
244. Яблучанский Н. И. Variability сердечного ритма в помощь практическому врачу / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. – Харьков, 2010, – 131 с.
245. Яковенко И. А. Межполушарная асимметрия пространственно-временной организации потенциалов коры головного мозга человека при

- разных условиях формирования вербальной установки / И. А. Яковенко, Е. А. Черемушкин // Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2004. – Т. 54, №. 2. – С. 216-224.
246. Янчук П. І. Нейрогуморальна регуляція кровообігу і тканинного дихання печінки. / П. І.Янчук – Київ: Вік принт, 2014. – 304 с.
247. Яхонтов С. В. Взаимодействие регуляторных механизмов при моделировании переходных процессов в сердечно-сосудистой системе / С. В. Яхонтов, А. В. Кулемзин // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2009. – №. 3. – С. 12-15.
248. Abbott N. J. Dynamics of CNS barriers: evolution, differentiation, and modulation / N. J. Abbott // Cellular and molecular neurobiology. – 2005. – Т. 25. – №. 1. – P. 5-23.
249. Akselrod S. Haemodynamic regulation: investigation by spectral analyses / S. Akselrod, D. Gordon, J. Madwed // Amer. J. Physiol. – 1985. – V. 249. – P. 867–875.
250. Ardell J. L. Neurohumoral control of cardiac function / J. L. Ardell // Heart Physiology and Pathophysiology. – 2001. – Т. 18. – С. 45-59.
251. Arora R.C. Function of human intrinsic cardiac neurons in situ / R.C. Arora, G.M. Hirsch, K.J. Hirsch // Am J Physiol. - 2001. - V. 280 (6), P. 1736–1740.
252. Berg K. A controlled comparison of audio-visual entrainment for treating Seasonal Affective Disorder / K. Berg, D. Siever // Journal of Neurotherapy. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 166-175.
253. Billman G. E. Cardiac autonomic neural remodeling and susceptibility to sudden cardiac death: effect of endurance exercise training / G. E. Billman // American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology. – 2009. – Т. 297, №4. – С. H1171-H1193.
254. Billman G. E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance / G. E. Billman // Frontiers in physiology. – 2013. – Т. 4. – С.26.

255. Boer T. P. Houtman Inhibition of cardiomyocyte automaticity by electrotonic application of inward rectifier current from Kir2. 1 expressing cells / T. P. Boer, T.A.B. van Veen, M.J.C. Houtman // *Biopacemaking*. – Springer Berlin Heidelberg, – 2007. – T. 45, №2. – C. 94-104.
256. Boineau J. P. The early repolarization variant—normal or a marker of heart disease in certain subjects / J. P. Boineau // *Journal of electrocardiology*. – 2007. – T. 40, №1. – C. 3-9.
257. Boivin D. B. Light treatment and circadian adaptation to shift work / D. B. Boivin, F. O. James // *Industrial health*. – 2005. – T. 43, №1. – C. 34-48.
258. Bons N. Efferences extrahypothalamiques du noyau suprachiasmatique chez le rat / N. Bons, A. Combes, A. Szafarczyk // *C. R. Acad. Sci. Ser. 3*. – 1983. – V. 297, № 6. – P. 347-350.
259. Bowmaker J. K. Evolution of vertebrate visual pigments / J. K. Bowmaker // *Vision research*. – 2008. – T. 48, №20. – C. 2022-2041.
260. Boyett M. R. The sinoatrial node, a heterogeneous pacemaker structure / M. R. Boyett, H. Honjo, I. Kodama // *Cardiovascular research*. – 2000. – T. 47, №4. – C. 658-687.
261. Bračič-Lotrič M. Synchronization and modulation in the human cardiorespiratory system / M. Bračič-Lotrič, A. Stefanovska // *Physica A*. – 2000. – V. 283. – P. 451-461.
262. Canteras N. S. The retinohypothalamic tract: comparison of axonal projection patterns from four major targets / N. S. Canteras, E. R. Ribeiro-Barbosa, M. Goto // *Brain research reviews*. – 2011. – T. 65, № 2. – C. 150-183.
263. Carlson M. Selective stimulation of parasympathetic nerve fibers to the human sinoatrial node / M. Carlson, D A.S. Geha, J. Hsu // *Circulation*. – 1992. – T. 85, № 4. – C. 1311-1317.
264. Carroll J. The effect of cone opsin mutations on retinal structure and the integrity of the photoreceptor mosaic / J. Carroll, A. Dubra, J.C. Gardner // *Investigative ophthalmology & visual science*. – 2012. – T. 53, № 13. – C. 8006-8015.

265. Cevese A. Baroreflex and oscillation of heart period at 0.1 Hz studied by α -blockade and cross-spectral analysis in healthy humans / A. Cevese, G. Gulli, E. Polati // *The Journal of physiology*. – 2001. – T. 531, № 1. – C. 235-244.
266. Cevese A. Vascular resistance and arterial pressure low-frequency oscillations in the anesthetized dog / A. Cevese, R. Grasso, R. Poltronieri // *American Journal of Physiology*. – 1995. – T. 268, № 1 – C. H7-H16.
267. Chandler N. Molecular architecture of the human sinus node insights into the function of the cardiac pacemaker / N. Chandler, J. I. D. Greener, J. O. Tellez // *Circulation*. – 2009. – T. 119, № 12. – C. 1562-1575.
268. Chiavetta S. V. A photopic imperfection of the eye? / S. V. Chiavetta, C. W. Eifrig // *Archives of ophthalmology*. – 2011. – T. 129, № 7. – C.965-965.
269. Choi C. J. Reactivity of heart rate variability after exposure to colored lights in healthy adults with symptoms of anxiety and depression / C. J. Choi, K. S. Kim, C. M Kim // *International Journal of Psychophysiology*. – 2011. – T.79, № 2. – C. 83-88.
270. Conway B. R. Specialized color modules in macaque extrastriate cortex / B. R. Conway, S. Moeller, D. Y. Tsao // *Neuron*. – 2007. – T.56, № 3. – C. 560-573.
271. Cooley R. L. Evidence for a central origin of the low-frequency oscillation in RR-interval variability / R. L. Cooley, N. Montano, C. Cogliati // *Circulation*. – 1998. – T. 98, № 6. – C. 556-561.
272. De Ferrari G. M. Vagus nerve stimulation: from pre-clinical to clinical application: challenges and future directions / G. M. De Ferrari, P. J. Schwartz // *Heart failure reviews*. – 2011. – T. 16, №.2. – C. 195-203.
273. Deng D. An image-based model of the whole human heart with detailed anatomical structure and fiber orientation / D. Deng, P. Jiao, L. Xia // *Computational and mathematical methods in medicine*. – 2012. – <http://dx.doi.org/10.1155/2012/891070>.
274. Dobrzynski H. Structure, function and clinical relevance of the cardiac conduction system, including the atrioventricular ring and outflow tract tissues /

- H. Dobrzynski, R.H. Anderson, A. Atkinson // *Pharmacology & therapeutics*. – 2013. – T. 139, № 2. – C. 260-288.
275. Dubra A. Noninvasive imaging of the human rod photoreceptor mosaic using a confocal adaptive optics scanning ophthalmoscope / A. Dubra, Y. Sulai, J.L. Norris // *Biomedical optics express*. – 2011. – T. 2, № 7. – C. 1864-1876.
276. Duffy J. F. Effect of light on human circadian physiology / J. F. Duffy, C. A. Czeisler // *Sleep medicine clinics*. – 2009. – T. 4, № 2. – C. 165-177.
277. Duffy J. F. Decreased sensitivity to phase-delaying effects of moderate intensity light in older subjects / J. F. Duffy, J. M. Zeitzer, C. A. Czeisler // *Neurobiology of aging*. – 2007. – T. 28, № 5. – C. 799-807.
278. Duffy K. R. Receptive field properties of neurons in the primary visual cortex under photopic and scotopic lighting conditions / K. R. Duffy, D. H. Hubel // *Vision research*. – 2007. – T. 47, № 19. – C. 2569-2574.
279. Duke-Elder S. *The anatomy of the visual system*. / S. Duke-Elder – London, – 1961. – P. 11.
280. Dutsch M. Cardiovascular autonomic function in poststroke patients / M. Dutsch, M. Burger, C. Dorfler // *Neurology*. – 2007. – Vol. 69, № 24. – P. 2249-2255.
281. Eckberg D. L. Baroreflex modulation of sympathetic activity and sympathetic neurotransmitters in humans / D. L. Eckberg // *Acta physiologica scandinavica*. – 2008. – T. 133, № 2. – C. 221-231.
282. Eranko O. Small intensely fluorescent (SIF) cells and nervous transmission in sympathetic ganglia / O. Eranko // *Annual review of pharmacology and toxicology*. – 1978. – T. 18, № 1. – C. 417-430.
283. Freitag F. B. Effect of luminosity on color discrimination of dichromatic marmosets (*Callithrix jacchus*) / F. B. Freitag, D.M.A. Pessoa // *JOSA A*. – 2012. – T. 29, № 2. – C. A216-A222.
284. Frey E. Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die basale optische Wurzel, die Commissura transversa Gudden und über eine Verbindung der Netzhaut mit dem vegetativen Gebiet im Hypothalamus durch eine «dorsale

- hypothalamische Wurzel» des Nervus opticus bei Amnioten / E. Frey // Schweiz. Arch. f. Neurol. u Psychiat. – 1937. – Vol. 39. – P. 255-290.
285. Fryer R. M. Histamine in cardiac sympathetic ganglia: a novel neurotransmitter? / R. M. Fryer, G. A. Reinhart, T. A. Esbenshade // Molecular interventions. – 2006. – T. 6, № 1. – C. 14.
286. Gestri G. The visual system of zebrafish and its use to model human ocular diseases / G. Gestri, B. A. Link, S. C. F. Neuhauss // Developmental neurobiology. – 2012. – T. 72, №. 3. – C. 302-327.
287. Glass L. Synchronisation and rhythmic processes in physiology / L. Glass // Nature. – 2001. – Vol. 410. – P. 277-284.
288. Godara P. Assessing the photoreceptor mosaic over drusen using adaptive optics and SD-OCT / P. Godara, C. Siebe, J. Rha // Ophthalmic surgery, lasers & imaging: the official journal of the International Society for Imaging in the Eye. – 2010. – T. 41, №. Suppl. – C. S104.
289. Goren Y. L. Individual time-dependent spectral boundaries for improved accuracy in time-frequency analysis of heart rate variability / Y. L. Goren, R. Davrath, I. Pinhas // Biomedical Engineering, IEEE Transactions on. – 2006. – T. 53, №. 1. – C. 35-42.
290. Grandner M. A. Short wavelength light administered just prior to waking: a pilot study / M. A. Grandner, D.F. Kripke, J. Elliott // Biological rhythm research. – 2013. – T. 44, №. 1. – C. 13-32.
291. Gulli G. V. Spectral and cross-spectral autoregressive analysis of cardiovascular variables in subjects with different degrees of orthostatic tolerance / G. V. Gulli, L. Wight, R. Hainsworth // Clinical Autonomic Research. – 2001. – T. 11, №. 1. – C. 19-27.
292. Hainsworth R. The control and physiological importance of heart rate / R. Hainsworth, M. Malik, A.J. Camm // Heart Rate Variability. – New York: Futura Publishing Company, Inc., – 1995. – P. 3-19.

293. Hart N. S. Microspectrophotometric evidence for cone monochromacy in sharks / N. S. Hart, S.M. Theiss, B.K. Harahush // *Naturwissenschaften*. – 2011. – T. 98, № 3. – C. 193-201.
294. Hart N. S. Avian visual pigments: characteristics, spectral tuning, and evolution / N. S. Hart, D. M. Hunt // *The American naturalist*. – 2007. – T. 169, № S1. – C. S7-S26.
295. Hoard J. L. Cholinergic neurons of mouse intrinsic cardiac ganglia contain noradrenergic enzymes, norepinephrine transporters, and the neurotrophin receptors tropomyosin-related kinase A and p75 / J. L. Hoard, D. B. Hoover, A. M. Mabe // *Neuroscience*. – 2008. – T. 156, № 1. – C. 129-142.
296. Hoover D. B. Localization of multiple neurotransmitters in surgically derived specimens of human atrial ganglia / D. B. Hoover, E. R. Isaacs, F. Jacques // *Neuroscience*. – 2009. – T. 164, № 3. – C. 1170-1179.
297. Huang M. H. Neuroendocrine properties of intrinsic cardiac adrenergic cells in fetal rat heart / M. H. Huang, J. J. Bahl, Y. Wu // *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. – 2005. – T. 288, № 2. – C. H497-H503.
298. Hubel D.H. Complex-unoriented cells in a subregion of primate area 18 / D.H. Hubel, M.S. Livingston // *Nature*. – 1985. – Vol. 315. – P. 325-327.
299. Huikeshoven M. J. 35 years of experimental research in transmyocardial revascularization: what have we learned? / M. J. Huikeshoven, F. Beek, J.A.P. van der Sloot // *The annals of thoracic surgery*. – 2002. – T. 74, № 3. – C. 956-970.
300. Iani C. Cardiac Implications of Neurological Disease / C. Iani, E. Montinaro // *Textbook of Neur. Care*. – Springer London, – 2013. – C.255-280.
301. Iellamo F. J. Spontaneous baroreflex modulation of heart rate and heart rate variability during orthostatic stress in tetraplegics and healthy subjects / F. J. Iellamo, M. Legramante, M. Massaro // *Journal of hypertension*. – 2001. – T. 19, № 12. – C. 2231-2240.

302. Iwanaga M., Heart rate variability with repetitive exposure to music / M. Iwanaga, A. Kobayashi // *Biol. Psychol.* – 2005. – № 70 (1) – P. 61-66.
303. Janssen B. J. Hemodynamic basis of oscillations in systemic arterial pressure in conscious rats / B. J. Janssen, A. J. Oosting, D. W. Slaaf // *American Journal of Physiology.* – 1995. – T. 269. – C. H62-H62.
304. Julien C. The enigma of Mayer waves: facts and models / C. Julien // *Cardiovascular research.* – 2006. – T. 70, № 1. – C. 12-21.
305. Karavaev A.S. Synchronization of low-frequency oscillations in the human cardiovascular system / A.S. Karavaev, V.I. Prokhorov, V.D Ponomarenko // *Chaos.* – 2009. – Vol. 19. – P. 033-112.
306. Karemaker J.M. Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability / J.M. Karemaker // *Clinical autonomic disorders.* / Ed. P.A. Low. – Boston etc.: Little Brown and Co., 1993. – P. 315–330.
307. Kaumann A. J. Phosphodiesterases reduce spontaneous sinoatrial beating but not the ‘fight or flight’ tachycardia elicited by agonists through Gs-protein-coupled receptors / A. J. Kaumann // *Trends in pharmacological sciences.* – 2011. – T. 32, №. 7. – C. 377-383.
308. Kawano H. Histological study on the distribution of autonomic nerves in the human heart / H. Kawano, R. Okada, K. Yano // *Heart and vessels.* – 2003. – T. 18, № 1. – C. 32-39.
309. Keyl C. Cardiocirculatory coupling during sinusoidal baroreceptor stimulation and fixed-frequency breathing / C. Keyl, M. Dambacher, A. Schneider // *Clinical Science.* – 2000. – V. 99. – P. 113-124.
310. Koh J. Human autonomic rhythms: vagal cardiac mechanisms in tetraplegic subjects / J. Koh, T. E., Brown, L., A. Beightol // *J. Physiol.* – 1994. – Vol. 474, № 3. – P. 483-495.
311. Kohsaka M. Effects of bright light exposure on heart rate variability during sleep in young women / M. Kohsaka, N. Fukuda, S. Sakakibara // *Psychiatry Clin Neurosci.* – 2001. – V. 55, № 3. – P. 283.

312. Kolb H. Photoreceptors. / H. Kolb, E. Fernandez, R. Nelson – 2012.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11522/>.
313. Kripke D. F Weak evidence of bright light effects on human LH and FSH /
D. F. Kripke // *Journal of circadian rhythms*. – 2010. – T. 8, № 1. – C. 5.
314. Kubichek W.G. Impedance cardiography as a noninvasive method of
monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system /
W.G. Kubichek, R.P. Patterson, D.A. Wetsol // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* – 1970. –
№ 2. – P. 724-732.
315. Kubota T. Effects of nocturnal bright light on saliva melatonin, core body
temperature and sleep propensity rhythms in human subjects / T. Kubota,
M. Uchiyama, H. Suzuki // *Neuroscience research*. – 2002. – T. 42, № 2. – C.
115-122.
316. Lamb T. D. Evolution of the vertebrate eye: opsins, photoreceptors, retina
and eye cup / T. D. Lamb, S. P. Collin, E. N Pugh // *Nature Reviews
Neuroscience*. – 2007. – T. 8, № 12. – C. 960-976.
317. Laude D. J. Comparison of various techniques used to estimate spontaneous
baroreflex sensitivity (the EuroBaVar study) / D. J. Laude, L. Elghozi,
A. Girard // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and
Comparative Physiology*. – 2004. – T. 286. – № 1. – C. R226-R231.
318. Lazarev V.V. EEG photic driving: Right-hemisphere reactivity deficit in
childhood autism / V.V. Lazarev, A. Pontes, L.C. Azevedo // *A pilot study
International Journal of Psychophysiology*. – 2009. – № 71. – P. 177-183.
319. Lee G. S. Evoked response of heart rate variability using short-duration
white noise / G. S. Lee, M. L. Chen, G. Y. Wang // *Autonomic Neuroscience:
Basic and Clinical*. – 2010. – Vol. 155. – № 1. – P. 94-97.
320. Liu J. Organisation of the mouse sinoatrial node: structure and expression of
HCN channels / J. Liu, H. Dobrzynski, J. Yanni // *Cardiovascular research*. –
2007. – T. 73, №. 4. – C. 729-738.

321. Lucini D. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans / D. Lucini, G. Norbiato, M. Clerici // *Hypertension*. – 2002. – T. 39, № 1. – C. 184-188.
322. Luo A. H. Circuit projection from suprachiasmatic nucleus to ventral tegmental area: a novel circadian output pathway / A. H. Luo, G. Aston Jones // *European Journal of Neuroscience*. – 2009. – T. 29, № 4. – C. 748-760.
323. Mabe A. M. Structural and functional cardiac cholinergic deficits in adult neurturin knockout mice / A. M. Mabe, D. B. Hoover // *Cardiovascular research*. – 2009. – T. 82, №. 1. – C. 93-99.
324. MacLeod D. I. A. The pleistochrome: optimal opponent codes for natural colours / D. I. A. MacLeod, T. Twer // *Colour perception: Mind and the physical world*. – 2003. – C. 155-184.
325. Mackaay A. J. Interaction of adrenaline and acetylcholine on sinus node function / A. J. Mackaay, C. T. Op't Hof, W. K. Bleeker // *Cardiac Rate and Rhythm*. – Springer Netherlands. - 1982. – C. 507-523.
326. Malliani A. Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms / A. Malliani, F. Lombardi, M. Pagani // *British Heart Journal*. – 1994. – T. 71, №. 1. – C. 1.
327. Malliani A. Gold standard in assessing baroreceptive function / A. Malliani, N. Montano // *Hypertension*. – 2004. – T. 43, №. 4. – C. e24-e24.
328. McLellan J. S. ON and OFF S-cone pathways have different long-wave cone inputs / J. S. McLellan, Jr R. T. Eskew // *Vision Research*. – 2000. – T. 40, №. 18. – C. 2449-2465.
329. McMahon M.J., MacLeod D.I. Dichromatic color vision at high light levels: red/green discrimination using the blue-sensitive mechanism / M.J. McMahon, D.I. MacLeod // *Vis. Res.* – 1998. – Vol.38, № 7. – P. 973-983.
330. Merino D. Observation of cone and rod photoreceptors in normal subjects and patients using a new generation adaptive optics scanning laser ophthalmoscope / D. Merino, J. L .Duncan, P. Tiruveedhula // *Biomedical optics express*. – 2011. – T. 2, №. 8. – C. 2189-2201.

331. Merritt M. M. Relationships among spectral measures of baroreflex sensitivity and indices of cardiac vagal control / M. M. Merritt, J. J. Sollers, M. K. Evans // *Biomed Sci Instrum.* – 2003. – V.39. – P. 193-198.
332. Miranda-Scippa Â. M. A. Pituitary volume and the effects of phototherapy in patients with seasonal winter depression: a controlled study / Â. M. A. Miranda-Scippa, M. L. N. Pires // *Revista Brasileira de Psiquiatria.* – 2008. – T. 30, №. 1. – C. 50-54.
333. Moak J. P. Supine low-frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation / J. P. Moak, D. S. Goldstein, B. A. Eldadah // *Cleveland Clinic Journal of Medicine.* – 2009. – Vol. 76. – Suppl. 2. – P. 51-59.
334. Montano N. Cogliati Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior / N. Montano, A. Porta, C. Cogliati // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* – 2009. – T. 33, №. 2. – C. 71-80.
335. Montano N. Sympathetic rhythms and cardiovascular oscillations / N. Montano, C. Cogliati, V. J. Dias da Silva // *Autonomic Neuroscience.* – 2001. – T. 90, №. 1. – C. 29-34.
336. Morillo C. A. Effects of autonomic manipulation on ventricular fibrillation and internal cardiac defibrillation thresholds in pigs / C. A. Morillo, D. L. Jones, G. J. Klein // *Pacing and clinical electrophysiology.* – 1996. – T. 19, №. 9. – C. 1355-1362.
337. Mosinger M. Anatomie de l'hypothalamus et du sous-thalamus élargi (Cytoarchitectonie, voies de conduction, histo-physiologie) / M. Mosinger // *Schweiz. Arch. Neurol. Psychiat.* – 1950. – Vol. 65. – P. 135-186.
338. Muller-Oerlinghausen B. Blood serotonin, serum melatonin and light therapy in healthy subjects and in patients with nonseasonal depression / B. Muller-Oerlinghausen, A. Mackert, B. Strebel // *Acta Psychiatrica Scandinavica.* – 2007. – T. 86, №. 2. – C. 127-132.

339. Natelson B. H. Neurocardiology: an interdisciplinary area for the 80s / B. H. Natelson // *Archives of neurology*. – 1985. – T. 42, №. 2. – C. 178-184.
340. Neveu M. M. A comparison of pattern and multifocal electroretinography in the evaluation of age-related macular degeneration and its treatment with photodynamic therapy / M. M. Neveu, A. Tufail, J. G. Dowler // *Documenta ophthalmologica*. – 2006. – T. 113, №. 2. – C. 71-81.
341. Nickel P. Sensitivity and Diagnosticity of the 0.1-Hz Component of Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Workload / P. Nickel, F. Nachreiner // *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. – 2003. – Vol. 45, №. 4. – P. 575-590.
342. Nishimura S. Increase in parasympathetic nerve activity during the nighttime following bright light exposure during the daytime / S. Nishimura, K. J. Hyun, Y. A. Lee // *Biological rhythm research*. – 2003. – T. 34, №. 3. – C. 233-240.
343. Ono H. The usefulness of bright light therapy for patients after oesophagectomy / H. Ono, T. Taguchi, Y. Kido // *Intensive and Critical Care Nursing*. – 2011. – T. 27, №. 3. – C. 158-166.
344. Osakada F. Toward the generation of rod and cone photoreceptors from mouse, monkey and human embryonic stem cells / F. Osakada, H. Ikeda, M. Mandai // *Nature biotechnology*. – 2008. – T. 26, №. 2. – C. 215-224.
345. Pagani M. Low-frequency components of cardiovascular variabilities as markers of sympathetic modulation / M. Pagani, O. Rimoldi, A. Malliani // *Trends in pharmacological sciences*. – 1992. – T. 13. – C. 50-54.
346. Parkes J. H. Colour for well-being: Exploring adult learners responses to utilizing colour as a therapeutic tool / J. H. Parkes, V. Volpe // *Journal of Applied Arts & Health*. – 2013. – T. 3, №. 3. – C. 275-293.
347. Parkes L. M. Multivoxel fMRI analysis of color tuning in human primary visual cortex / L. M. Parkes, B. C. Marsman, D. C. Oxley // *Journal of Vision*. – 2009. – T. 9, №. 1. – C. 1.

348. Pauza D. H. Morphology, distribution, and variability of the epicardiac neural ganglionated subplexuses in the human heart / D. H. Pauza, V. Skripka, N. Pauziene // *Anat Rec.* – 2000. – V. 259 (4). – P. 353-382.
349. Peng S. M. Effects of music and essential oil inhalation on cardiac autonomic balance in healthy individuals / S. M. Peng, M. Koo, Z. R. Yu // *The Journal of Alternative and Complementary Medicine.* – 2009. – T. 15, №. 1. – C. 53-57.
350. Pinato L. Immunocytochemical characterization of the pregeniculate nucleus and distribution of retinal and neuropeptide Y terminals in the suprachiasmatic nucleus of the Cebus monkey // *Journal of chemical neuroanatomy.* – 2009. – T. 37, №. 4. – C. 207-213.
351. Pitzalis M. V. Effect of respiratory rate on the relationships between RR interval and systolic blood pressure fluctuations: a frequencydependent phenomenon / M. V. Pitzalis, F. Mastropasqua, F. Massari // *Cardiovascular Research.* – 1998. – Vol. 38, № 2. – P. 332-339.
352. Pyetan E. Do the high-frequency indexes of HRV provide a faithful assessment of cardiac vagal tone? A critical theoretical evaluation / E. Pyetan, S. Akselrod // *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on.* – 2003. – T. 50, №. 6. – C. 777-783.
353. Rechlin T. Does bright-light therapy influence autonomic heart-rate parameters? / T. Rechlin, M. Weis, K. Schneider // *Journal of affective disorders.* – 1995. – T. 34, №. 2. – C. 131-137.
354. Remington L. A. *Clinical anatomy of the visual system.* / L. A. Remington – Elsevier Health Sciences, 2011. – 588 p.
355. Revell V. L. Light-induced melatonin suppression in humans with polychromatic and monochromatic light / V. L. Revell, D. J. Skene // *Chronobiology international.* – 2007. – T. 24, №. 6. – C. 1125-1137.
356. Richardson R. Immunohistochemical analysis of intracardiac ganglia of the rat heart / R. J. Richardson, I. Grkovic, C. R. Anderson // *Cell Tissue Res.* – 2003. – V. 314 (3). – P. 337-350.

357. Rister J. The retinal mosaics of opsin expression in invertebrates and vertebrates / J. Rister, C. Desplan // *Developmental neurobiology*. – 2011. – T. 71, №. 12. – C. 1212-1226.
358. Saito Y. Effect of bright light exposure on muscle sympathetic nerve activity in human / Y. Saito, T. Shimizu, Y. Takahashi // *Neuroscience letters*. – 1996. – T. 219, №. 2. – C. 135-137.
359. Sakakibara S., Honma H., Kohsaka M. Autonomic nervous function after evening bright light therapy: spectral analysis of heart rate variability / S. Sakakibara, H. Honma, M. Kohsaka // *Psychiatry Clin Neurosci*. – 2001. – V. 54, № 3. – P. 363 - 364.
360. Sankeralli M. J. Estimation of the L-, M-, and S-cone weights of the postreceptoral detection mechanisms / M. J. Sankeralli, K. T. Mullen // *JOSA A*. – 1996. – T. 13, № 5. – C. 906-915.
361. Santhi N. The impact of sleep timing and bright light exposure on attentional impairment during night work / N. Santhi, D. Aeschbach, T. S. Horowitz // *Journal of biological rhythms*. – 2008. – T. 23, № 4. – C. 341-352.
362. Sawchenko P. E. The organization and biochemical specificity of afferent projections to the paraventricular and supraoptic nuclei / P. E. Sawchenko, L. W. Swanson // *The neurohypophysis: structure, function and control*. – 2011. – T. 60. – C. 19.
363. Schäfer A. The effect of colored illumination on heart rate variability / A. Schäfer, K. W. Kratky // *Forschende Komplementärmedizin Research in Complementary Medicine*. – 2006. – T. 13, №. 3. – C. 167-173.
364. Scheer F. A. Light and diurnal cycle affect autonomic cardiac balance in human; possible role for the biological clock / F. A. Scheer, L. van Doornen, R. M. Buijs // *Autonomic neuroscience*. – 2004. – T. 110, №. 1. – C. 44-48.
365. Seddon M. Cardiomyocytes as effectors of nitric oxide signalling / M. Seddon, A. M. Shah, B. Casadei // *Cardiovascular research*. – 2007. – T. 75, №. 2. – C. 315-326.

366. Seydnejad S.R. Modeling of Mayer waves generation mechanisms / S. R. Seydnejad, R. I. Kitney // *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*. – 2001. – T. 20, №. 2. – C. 92-100.
367. Shapley R. Color in the cortex: single-and double opponent cells / R. Shapley, M. Hawken // *Vision research*. – 2011. – T. 51, №. 7. – C. 701-717.
368. Shealy C. N. Pain, stress and depression: psychoneurophysiology and therapy / C. N. Shealy, R. K. Cady, R. H. Cox // *Stress medicine*. – 1995. – T. 11, №. 1. – C. 75-77.
369. Siebert J. Stroke volume variability and heart rate power spectrum in relation to posture changes in healthy subjects / J. Siebert, P. Drabik, R. Lango // *Medical Science Monitor*. – 2004. – T. 10, №. 2. – C. MT31-MT37.
370. Siever D. Applying audio-visual entrainment technology for attention and learning / D. Siever // *Biofeedback Magazine*. – 2008. – T. 31, №. 4. – C. 1-15.
371. Singh J. P. Association of hyperglycemia with reduced heart rate variability / J. P. Singh, M. G. Larson, C. J. O'Donnell // *The American journal of cardiology*. – 2000. – T. 86, №. 3. – C. 309-312.
372. Slavíková J. Catecholaminergic neurons in the rat intrinsic cardiac nervous system / J. Slavíková, J. Kuncová, J. Reischig // *Neurochemical research*. – 2003. – T. 28 №. 3-4. – C. 593-598.
373. Solomon S. G. The machinery of colour vision / S. G. Solomon, P. Lennie // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2007. – T. 8, №. 4. – C. 276-286.
374. Sosnowski M. Heart Rate Variability / M. Sosnowski // *Comprehensive Electrocardiology*. – Springer London. – 2010. – C. 1513-1674.
375. Stromeyer C. F. Spatial masking does not reveal mechanisms selective to combined luminance and red–green color / C. F. Stromeyer, A. Chaparro, C. Rodrigues // *Vision research*. – 1999. – T. 39, №. 12. – C. 2099-2112.
376. Sutarto M. D. Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: A new training approach for operator's performance enhancement / M. D. Sutarto, M. N. Abdul Wahab, N. Mat Zin // *Journal of Industrial Engineering and Management*. – 2010. – Vol. 3, №. 1. – P. 176-198.

377. Taguchi T. Influence of bright light therapy on postoperative patients: a pilot study / T. Taguchi, M. Yano, Y. Kido // *Intensive and Critical Care Nursing*. – 2007. – T. 23, №. 5. – C. 289-297.
378. 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.
379. Taylor J.A. Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans / J.A. Taylor, D.L. Carr, C.W. Myers // *Circulation*. – 1998. – V. 98, № 6. – P.547-555.
380. Taylor J.A. Fundamental relations between short-term RR interval and arterial pressure oscillations in humans / J.A. Taylor, D.L. Eckberg // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93. – P. 1527-1532.
381. Temple S. E. Why different regions of the retina have different spectral sensitivities: a review of mechanisms and functional significance of intraretinal variability in spectral sensitivity in vertebrates / S. E. Temple // *Visual neuroscience*. – 2011. – T. 28, №. 04. – C. 281-293.
382. Teplan M. Short-term effects of audio-visual stimulation on EEG / M. Teplan, A. Krakovská, S. Štolc // *Measurement Science Review*. – 2006. – № 6. – P. 67.
383. Terziotti P. Post-exercise recovery of autonomic cardiovascular control: a study by spectrum and cross-spectrum analysis in humans / P. Terziotti, G. Gulli, A., Cevese // *European journal of applied physiology*. – 2001. – T. 84, №. 3. – C. 187-194.
384. Thiriet M. *Cardiovascular Physiology* / M. Thiriet // *Anatomy and Physiology of the Circulatory and Ventilatory Systems*. – Springer New York, 2014. – C. 157-352.
385. Triposkiadis F. The sympathetic nervous system in heart failure physiology, pathophysiology, and clinical implications / F. Triposkiadis, G. Karayannis //

- Journal of the American College of Cardiology. – 2009. – T.54, № 19. – C. 1747-1762.
386. Ulrich-Lai Y. M. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses / Y. M. Ulrich-Lai, J. P. Herman // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2009. – T. 10, №. 6. – C. 397-409.
387. Vautin R. G. Color cell groups in foveal striate cortex of the behaving macaque / R. G. Vautin, B. M. Dow // *J.Neurophysiol.* – 1985. – Vol. 54. – P. 273-292.
388. Verheyden B. Respiratory modulation of cardiovascular rhythms before and after short duration human spaceflight / B. Verheyden // *Acta Physiologica*. – 2007. – T. 191, №. 4. – C. 297-308.
389. Wang D. Y., Pomfrett C. J., Healy T. E. Respiratory sinusarrhythmia: a new, objective sedation score // *Br. J. Anaesth.* - 1993. - Vol. 71, № 3. - P. 354-358.
390. Weiner K. S. Neural representations of faces and limbs neighbor in human high-level visual cortex: evidence for a new organization principle / K. S. Weiner, K.Grill-Spector // *Psychological research*. – 2013. – T. 77, №. 1. – C. 74-97.
391. Yin L. Physiology and morphology of color-opponent ganglion cells in a retina expressing a dual gradient of S and M opsins / L. Yin // *The Journal of Neuroscience*. – 2009. – T. 29, №. 9. – C. 2706-2724.
392. Zeitzer J. M. Temporal dynamics of late-night photic stimulation of the human circadian timing system / J. M. Zeitzer // *American Jour. of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. – 2005. – T. 289, №. 3. – C. R839-R844.
393. Zhao Z. Spectral and coherence analysis of the variabilities of heart rate, stroke volume, and systolic blood pressure in exercise stress tests / Z. Zhao, W.H Lin., P.Yang // *Biomedical and Health Informatics*. – 2012. – International Conference on IEEE. – C. 771-774.