

УДК 612.825.8:613.685

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ НЕОБХІДНОСТІ ПОДАЛЬШОЇ ПОСТ ГОСПІТАЛЬНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ УЧАСНИКІВ АТО НА ОСНОВІ ДАНИХ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

А.В. Швець, підполковник медичної служби, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу психофізіології людини в особливих умовах НДІ ПВМ УВМА

А.Ю. Кіх, підполковник медичної служби, начальник ВМКЦ професійної патології особового складу ЗС України

О.В. Коваль, підполковник медичної служби, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу бойової патології НДІ ПВМ УВМА

О.А. Романенко, підполковник медичної служби, кандидат медичних наук, начальник відділення реабілітації та професійної патології ВМКЦ професійної патології особового складу ЗС України

Резюме. Розглянуто особливості відновлення характеристик електроенцефалографії та варіабельності серцевого ритму, які полягають у суттєво гіршому відновленні функціонального стану (23,3% осіб з позитивною динамікою, які отримали контузію головного мозку) у порівнянні з іншими пораненими та хворими (83,4%; $p < 0,001$). Описано структурні особливості 3-х ЕЕГ-феноменів, які зустрічаються у осіб з контузією головного мозку. Аналіз міжсистемних зв'язків ЕЕГ та ВСР додатково підтверджує повільне відновлення ФС у осіб I групи. За допомогою факторного аналізу нормованих характеристик зміни показників ЕЕГ та ВСР до та після лікування розроблено модель підтримки прийняття рішення щодо кількісної оцінки відновлення ФС, яка дозволяє кількісно спрогнозувати необхідність у подальшій реабілітації після лікування в госпітальних умовах, що є необхідним для уніфікації підходів при проведенні реабілітаційних заходів, здійснення наступності та безперервності на всіх етапах надання реабілітаційної допомоги учасникам АТО. Показано, що застосування апаратних методів дослідження ЕЕГ та ВСР при реабілітації учасників АТО в госпітальних умовах дозволяють оцінити морфофункціональні дефекти, уточнити реабілітаційний потенціал за ступенем відновлення ФС, прогнозувати імовірність розвитку неадекватних і/або парадоксальних реакцій на проведені лікувальні заходи, надати рекомендації з оптимізації проведеної терапії, включаючи медикаментозну, з урахуванням фону нейрогуморальної регуляції.

Ключові слова: реабілітаційний потенціал, учасники антитерористичної операції, функціональний стан, варіабельність серцевого ритму, електроенцефалографія.

Вступ. З кожним днем в наслідок кризи, яка відбувається не тільки на Сході України, але й на іншій території держави, зростає кількість військовослужбовців та громадян України, які потребують реабілітації. Морально-психологічна невідповідність, страх не впоратися з обов'язками, почуття провини перед загиблими, прагнення вижити в умовах руйнувань та смертей інших, надзвичайна напруженість праці, порушення режиму харчування та відпочинку, а також інші шкідливі

чинники службової діяльності, без сумніву, зменшують адаптаційні резерви організму та призводять до неконструктивних змін поведінкових реакцій та дизадаптаційного синдрому.

Відомо, що здоров'я людини є динамічним явищем, а тому потребує моніторингу. При цьому для виявлення тонких зрушень у показниках здоров'я людини широко використовується поняття «функціональний стан» (ФС) [4, 6].

Термін «функціональний стан» використовується також для характеристики діяльності окремих органів, фізіологічних систем та організму в цілому. «Взаємодія просторово розосереджених динамічних процесів, що відбуваються у центральній нервовій системі (ЦНС) та в організмі в цілому врешті – рещт детермінують широкі класи психофізіологічних явищ, що і кваліфікується як «стан» [3].

Наявні методи контролю за ефективністю реабілітації людини, як правило, базуються на різних пробах з фізичним навантаженням [7]. Разом з тим наявність комплексної патології учасників АТО, поєднання травм з іншою соматичною та психічною патологією часто унеможливує проведення таких проб. Тому виникає необхідність у застосуванні інших, дієвих заходів, які б комплексно враховували зміни у ФС людини без застосування фізичного навантаження.

Одним з найпоширеніших методів дослідження ФС головного мозку людини є електроенцефалографічне (ЕЕГ) дослідження. Загально визнаними критеріями динаміки ФС ЦНС є частотно-амплітудні характеристики біопотенціалів ЕЕГ. Так, стабільність домінуючого альфа-ритму вважається показником оптимального рівня функціонування мозку. Десинхронізація ЕЕГ відображає підвищення збудливості і лабільності головного мозку, підвищення процесів активації. Навпаки, зростання синхронізації біоелектричної активності з підвищенням амплітуди і зниженням частоти домінуючого ритму свідчить про зниження рівня активації мозку [4, 9].

Іншим, не менш важливим методом оцінювання ФС є дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР), оскільки нейрогуморальна та вегетативна регуляція системи кровообігу приймають важливу участь в адаптації людини до мінливих факторів оточуючого середовища [1].

Таким чином, дослідження ЕЕГ та ВСР для оцінки відновлення ФС учасників антитерористичної операції під час реабілітації

в госпітальних умовах є актуальним завданням сучасної військової психофізіології та клінічної медицини.

Метою роботи є оцінювання ступеня відновлення функціонального стану учасників антитерористичної операції під час їх лікування в госпітальних умовах для обґрунтування необхідності подальшого реабілітаційного лікування.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводились на двох групах військовослужбовців віком 25-45 років: I група – 30 чоловіків, які отримали контузію головного мозку протягом 2014-2015 років, II група – 30 чоловіків, які не мали черепно-мозкових травм та контузії та перебували на лікуванні/ реабілітації з іншою соматичною патологією. Переважна більшість осіб (90%) складалася з мобілізованих військовослужбовців, які перебували в зоні АТО не менше одного року.

Для порівняння результатів досліджень у якості контрольної III групи осіб досліджено вибірку з 73 практично здорових чоловіків такого ж вікового діапазону. Обстеження військовослужбовців здійснювались у відповідності до біоетичних вимог, сформульованих в Гельсінській декларації Всесвітньої асоціації лікарів, прийнятій на 18-й Генеральній асамблеї Всесвітньої асоціації лікарів (Гельсінкі, Фінляндія, 1964р.) та ст. 7 міжнародної Конвенції громадянських і політичних прав (1966 р.).

Кожний військовослужбовець проходив курс реабілітації за індивідуальною програмою протягом 12-14 діб. Даний курс передбачав комплекс оптимальних видів, форм, обсягів, термінів реабілітаційних заходів із визначенням порядку їх проведення, спрямованих на відновлення та компенсацію порушених або втрачених функцій організму і здатностей конкретної особи до виконання певних видів діяльності.

Вивчення стану вегетативної нервової системи здійснювалося згідно з «Міжнародним стандартом» аналізу варіабельності ритму серця (Heart Rate Variability, 1996) [2, 17] по першому стандартному відведенні протягом п'яти

хвилин за допомогою багатофункціонального приладу «МПФИ ритмограф 1» ООО «Астер-Айти», м. Харків. Система призначена для моніторингу ритму серця (РС) за сигналами ЕКГ у першому стандартному відведенні та проведення статистичного часового та спектрального аналізу серцевого ритму. При аналізі ВСР досліджувалися наступні характеристики:

1. Статистичні параметри (мода RR-інтервалів (mRR, мс), середнє квадратичне відхилення RR-інтервалів (SDNN, мс), індекс напруженості Баєвського (IH, %/с²), амплітуда моди (АМо, %);

2. Параметри спектрального аналізу РС: TP - повна спектральна щільність у діапазоні 0,003-0,4 Гц, характеризує сумарний абсолютний рівень активності регуляторних систем; VLF – спектральна щільність у наднизькочастотному діапазоні 0,015-0,04 Гц – відносний рівень активності симпатичної ланки регуляції; LF – спектральна щільність потужності в низькочастотному діапазоні 0,04-0,15 Гц – відносний рівень активності вазомоторного центру; HF – спектральна щільність потужності у високочастотному діапазоні 0,15-0,4 Гц – відносний рівень активності парасимпатичної ланки регуляції (дихальні хвилі) [2, 8, 17].

Енцефалографічні дослідження проводилися перед початком лікування та реабілітації та після його закінчення. Використано електроенцефалографічний комплекс NeuroCom Standard (ХАІ-Медика, м. Харків). Запис реєструвався монополярно в 16 стандартних відведеннях (Fr, F, C, T, P, O) від обох півкуль, за міжнародною системою „10-20” (Jasper, 1958), з об'єднаним референтним аурикулярним електродом. Частота дискретизації складала 250 Гц. Здійснювався візуальний і програмний аналіз фонової проби тривалістю одна хвилина в частотному діапазоні 1-50 Гц. Для кожного відведення вираховувалася середня спектральна потужність із використанням методу швидкого перетворення Фур'є. Аналізувалися значення потужності спектра у стандартних фізіологічних частотних діапазонах: дельта (1-4 Гц.), тета (4-

8 Гц.), альфа (8-13 Гц.), бета (13-35 Гц.), гамма (35-50 Гц.). Фрагменти з артефактами оброблялися до повного зникнення останніх за рахунок „сліпого” розділення вогнищ сигналів (BSS, Blind Source Separation) відповідно до технології ICA - Independent Component Analysis або, при неможливості обробки, виключалися з подальшого аналізу [5, 16].

Аналіз отриманих результатів проводився методами дескриптивної та багатовимірної статистики за допомогою пакета STATISTICA 8.0.

Результати дослідження та їх обговорення. При аналізі ЕЕГ у віддаленому періоді після черепно-мозкової травми та контузії головного мозку (3 місяці – 1 рік) у хворих у 45% спостерігається підвищення бета-активності на фоні нерегулярного альфа-ритму у поєднанні з дифузною дельта-активністю. Тому, на нашу думку, у якості маркера відновлення ФС за показниками ЕЕГ слід застосовувати коефіцієнт відношення α/β^I при надходженні в стаціонар та α/β^{II} перед випискою хворого.

Наступний ЕЕГ-феномен, який спостерігався у хворих у 30% випадків, характеризується дезорганізованою активністю, яка проявляється у нерегулярному уповільненому альфа-ритмі на фоні високоамплітудних пароксизмальних спалахів тета-ритму. Така картина спостерігалась у хворих після важких контузій головного мозку та відкритих черепно-мозкових травм і може бути пояснена порушенням діенцефальної області головного мозку (подразнення ядер таламуса).

У 25% хворих ЕЕГ характеризується низькою амплітудою усіх хвиль, що можна охарактеризувати як сплосчений варіант ЕЕГ.

Крім того, в зоні контузії головного мозку у хворих виявляються локальні дельта-хвилі, які переважають за амплітудою дельта-активність в інших ділянках кори і підтверджують правобічну або лівобічну контузію (високий коефіцієнт асиметрії).

Статистичний аналіз показників ЕЕГ за показниками асиметрії та ексцесу свідчить про наявність певної неоднорідності досліджуваних вибірок. Тому, у зв'язку з невеликим обсягом досліджуваних груп, додаткового розподілу на

більш однорідні групи не проводилося, що обумовило застосування непараметричних методів описової статистики.

Наявність в анамнезі хворих контузії віддзеркалюється на достовірно нижчій альфа-

активності в I групі, що свідчить про значні активуючі впливи тонічних структур мозку, в тому числі й виражений симпатичний вплив вегетативної нервової системи. Аналогічне явище спостерігається у представників II групи (табл. 1).

Таблиця 1

Середні показники спектрального діапазону ЕЕГ до та після реабілітаційного лікування (M±m)

| Ритм ЕЕГ | Середні значення індексів потужності загальних діапазонів спектра ЕЕГ, % | | | | |
|--|--|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------|
| | Група I | | Група II | | Група III |
| | Початкові | Після лікування | Початкові | Після лікування | |
| δ | 32,61±5,52 ^{##} | 31,38±2,79 ^{###} | 32,86±3,49 ^{###} | 24,66±1,85 ^{+###*} | 12,99±1,05 |
| θ | 20,12±2,83 [#] | 15,17±2,18 | 16,60±1,43 | 12,18±1,35 ⁺ | 14,23±1,01 |
| α | 18,22±2,80 ^{###} | 19,65±3,74 ^{###} | 19,09±2,16 ^{###} | 25,60±1,84 ^{+###**} | 46,96±3,02 |
| β | 12,83±1,77 [#] | 11,99±0,96 ^{##} | 9,83±1,45 ^{###} | 10,93±0,93 ^{###} | 17,60±1,41 |
| γ | 5,53±2,47 | 6,04±1,60 | 2,21±0,76 | 3,10±0,85 | 3,21 ±0,40 |
| α/β | 1,38±0,33 ^{##} | 1,52±0,38 ^{##} | 2,23±0,36 | 2,53±0,33 [*] | 2,67±0,24 |
| Середня амплітуда загальних діапазонів спектра ЕЕГ, мкВ | | | | | |
| δ | 32,20±3,08 ^{###} | 30,72±1,92 ^{###} | 30,46±3,01 ^{###} | 22,71±1,39 ^{+###***} | 18,24±0,96 |
| θ | 21,75±2,89 [#] | 13,93±1,48 ⁺ | 14,34±0,81 | 13,31±2,95 | 14,34±0,92 |
| α | 14,32±1,17 ^{###} | 17,57±1,84 ^{###} | 17,43±0,98 ^{###*} | 20,26±2,17 ^{##} | 27,21±1,22 |
| β | 13,82±1,08 ^{##} | 12,98±0,75 ^{##} | 10,77±0,54 ^{**} | 10,20±0,47 ^{**} | 10,32±0,57 |
| γ | 5,93±1,18 | 6,26±1,28 | 4,57±0,86 | 4,20±0,61 | 4,34±0,72 |
| α/β | 1,11±0,18 ^{###} | 1,39±0,12 ^{###} | 1,61±0,14 ^{###*} | 2,12±0,08 ^{+###***} | 2,52±0,07 |
| Середні значення частоти, що домінує в кожному із ритмів ЕЕГ, Гц | | | | | |
| δ | 1,04±0,05 ^{###} | 1,43±0,10 ⁺⁺ | 1,80±0,17 ^{***} | 1,42±0,09 ⁺ | 1,43 ±0,03 |
| θ | 5,65±0,14 [#] | 5,70±0,29 | 5,44±0,28 | 6,12±0,15 ^{+###} | 5,26 ±0,09 |
| α | 9,74±0,40 | 9,82±0,27 | 9,68±0,18 | 9,69±0,12 | 9,84± 0,10 |
| β | 15,34±0,53 | 14,89±0,27 | 14,87±0,43 | 15,16±0,23 | 15,72±0,42 |
| γ | 48,19±0,94 ^{##} | 47,25±2,62 [#] | 44,54±1,51 [*] | 48,81±1,04 ^{+###} | 39,24±2,78 |

Примітка: *, **, *** - достовірність різниці середніх значень показників ЕЕГ між I та II групами, #, ##, ### - достовірність різниці середніх значень показників ЕЕГ I та II груп з III групою та +, ++, +++ - достовірність зміни середніх значень показників ЕЕГ до та після лікування за критерієм Мана-Уїтні відповідає рівням p<0,05, p<0,01, p<0,001.

Бета-активність, що певною мірою характеризує стан працездатності, достовірно відрізняється у представників I та II груп по відношенню до контрольної за середніми індексами потужності бета-діапазонів спектра ЕЕГ. Разом з тим, середня амплітуда бета-діапазонів спектра ЕЕГ достовірно відрізняється від контрольної групи лише у представників групи I.

У тета-діапазоні достовірна різниця показників по відношенню до контрольної групи спостерігається лише у представників I групи,

що вказує на наявність вираженого нервово-емоційного напруження у них (табл. 1).

Початкова середня амплітуда загальних діапазонів спектра ЕЕГ в тета-діапазоні є достовірно вищою у представників I групи у порівнянні з II групою, що свідчить про більш виражене нервово-емоційного напруження військовослужбовців з контузією в анамнезі. Після реабілітації/лікування у представників II групи спостерігається достовірне зниження середніх значень індексів потужності в тета-діапазоні спектра ЕЕГ, а у представників I групи

достовірно зниження середніх значень амплітуди загальних діапазонів потужності в тета-діапазоні спектра ЕЕГ, що може свідчити про різні механізми подолання нервово-емоційного напруження під час лікування в стаціонарних умовах. При аналізі ЕЕГ у досліджуваних осіб виявлено, що після їх реабілітації/лікування достовірні зміни потужності дельта-активності в бік зменшення зафіксовані у всієї когорти досліджуваних осіб II групи, що вказує на більш краще відновлення у цих осіб первинних ознак центральної втоми та явищ гіпоксемії в ЦНС у порівнянні з I групою.

Досить чутливим до лікування виявився показник б/в. Так, після проведеного лікування/реабілітації збільшення долі амплітуди та потужності спектра у альфа-діапазоні у порівнянні з бета-діапазоном відмічається лише у представників II групи. При цьому рівень цього показника достовірно перевищує у представників II групи при порівнянні з I групою, що свідчить про більш активну тенденцію до відновлення нормальної

електричної активності головного мозку у осіб, які не мали контузію в анамнезі.

Середні значення частот, що домінують у кожному з ритмів ЕЕГ, не виходять за межі нормативного діапазону, але мають певні особливості. Так, середнє значення частоти у гамма-діапазоні у представників I та II групи перевищує аналогічний показник у групі контролю. При надходженні в госпіталь хворих I групи середнє значення частоти у дельта-діапазоні було достовірно нижчим у порівнянні з II групою. Перед випискою хворих I та II групи після проведеного лікування цей показник вже не відрізнявся від групи контролю.

Таким чином, більш низька на початку лікування середня частота разом із незначною зміною амплітуди дельта-діапазону свідчить про уповільнені процеси відновлення та наявність ознак втоми у осіб I групи навіть після проведеного лікування. Це також додатково підтверджується і тим, що у представників I групи лише у 23,3% осіб відбулися позитивні зміни на ЕЕГ (рис 1).

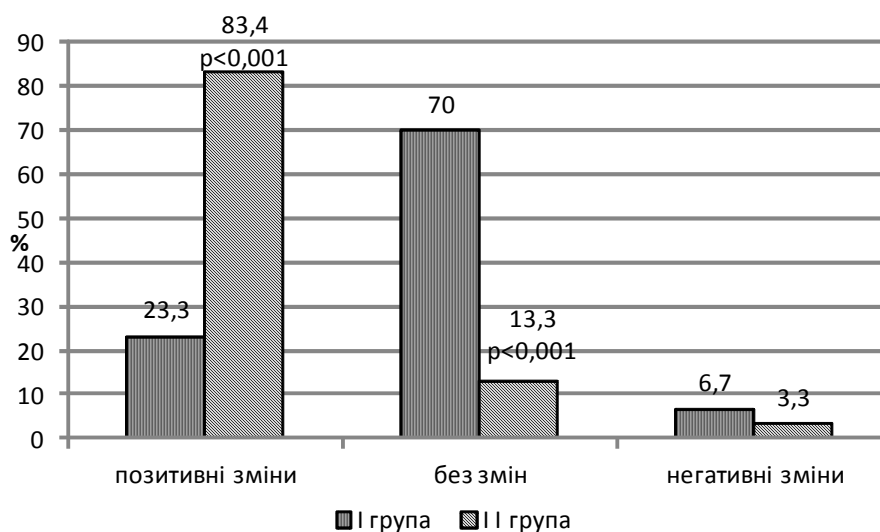


Рис. 1. Особливості відновлення показників ЕЕГ у учасників АТО

У більшості осіб (70,0%) цієї групи змін ЕЕГ після стаціонарного лікування майже не відбулося, оскільки прояви контузії на ЕЕГ можуть зберігатися більше 3-х років. В окремих випадках (6,7%) відмічалася тенденція до негативних змін ЕЕГ в дельта та альфа-

діапазонах, що можна пояснити порушенням процесів збудження та гальмування в центральній нервовій системі [10]. Що стосується представників II групи, то покращення електричної активності головного мозку після стаціонарного лікування

спостерігалось у більшості випадків (83,4%). У 13,3 % військовослужбовців біоелектрична картина залишалася без істотних змін та у 3,3 % спостерігалось її погіршення.

Таким чином, біоелектрична картина у I групи осіб завдяки надмірному стимулюючому впливу активуючих центрів головного мозку та симпатичної ВНС характеризувалася суттєвим погіршенням функціональної біорегуляції головного мозку та наростанням гальмівних процесів у ЦНС (значне, близько 7%, збільшення активності в дельта-діапазоні). Виявлені особливості відновлення функціонального стану обстежених військовослужбовців за показниками ЕЕГ є важливими з теоретичної та практичної точки зору. Для практики важливим є те, що на фоні позитивного результату лікування за загальноприйнятими клінічними показниками. Виявлено особливості відновлення функціонального стану за показниками ЕЕГ, які свідчать про неоднозначність процесу відновлення регуляторних процесів в організмі та потребі певної частини військовослужбовців з контузією головного мозку в подальшій реабілітації. Крім того, наявність достовірного оберненого зв'язку коефіцієнтів α/β (відношення середніх амплітуд відповідно α та β діапазонів спектра) при надходженні хворих на лікування з середніми амплітудами δ та θ діапазонів спектра (відповідно критерії кореляції Спірмена $R=-0,46$ та $R=-0,42$; $p<0,05$), а також із середніми значеннями індексів потужності д спектра ЕЕГ ($R=-0,38$ $p<0,05$) свідчать про можливість прогнозування ступеня відновлення ФС (реабілітаційного потенціалу людини) за коефіцієнтом α/β . При більш високих його значеннях перед лікуванням/реабілітацією в госпітальних умовах відбувається зменшення вкладу δ та θ діапазонів спектра, що може свідчити про зменшення нервово-емоційного напруження та ознак центральної втоми і явищ гіпоксемії в ЦНС. Значення цього коефіцієнта нижче 1,5 може свідчити про низький реабілітаційний потенціал людини. Крім того, за даними деяких закордонних дослідників, таке явище, при якому

вклад β -діапазону починає домінувати над α -діапазоном свідчить про високу ймовірність наявності ПТСР у військовослужбовців [13, 15].

Орієнтовну оцінку адаптаційних можливостей організму, а отже реабілітаційного потенціалу досліджуваного, можна отримати також при візуальному перегляді ритмограми. Флуктуації серцевого ритму, його розмахи дозволяють зробити висновок про діапазон регуляторних можливостей організму.

Розглядаючи показник mRR, що характеризує енергетичний рівень функціонування серцево-судинної системи, можна відмітити, що в стані спокою він найвищий у III групі (табл.2).

При цьому в осіб з контузією (група I) показник mRR достовірно нижчий, ніж у групі III. Після лікування показник mRR достовірно покращився ($p<0,05$) лише у представників II групи військовослужбовців у порівнянні з I групою, що свідчить про високий енергетичний рівень функціонування ССС у групі осіб з контузією, порівняно зі здоровими особами та хворими з терапевтичною патологією.

Слід зазначити, що перед випискою з госпіталю більшість показників ВСР у представників I та II груп суттєво відрізняються від контрольної групи. Разом з тим відбуваються певні особливості у відновленні ФС I та II групи осіб після проведеного лікування/реабілітації.

Так, величина загального адаптаційного потенціалу, яка оцінюється за показником SDNN, перед лікуванням/реабілітацією є найнижчою в I групі. Після проведеного лікування є лише незначна тенденція до покращення адаптаційного потенціалу як в I, так і в II групі осіб.

Величина ступеня централізації нейро-вегетативної регуляції серцевого ритму, що оцінюється за показником АМо, на початку лікування є дещо нижчою в II групі осіб у порівнянні з I групою. Перед випискою хворих найвищий ступінь централізації (за показником АМо) спостерігається в I групі осіб.

Показники варіабельності серцевого ритму, $M \pm m$, %

| При надходженні в стаціонар | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Показники ВСР | Група I | Група II | Група III |
| mRR, мс | 736,63±15,28 ^{###} | 689,71±29,99 ^{###} | 976,0±42,3 |
| SDNN, мс | 26,85±5,34 ^{###} | 35,10±4,79 ^{###} | 63,6±6,35 |
| AMo, % | 63,15±3,58 ^{###} | 56,28±4,36 ^{###} | 37,0±2,49 |
| ИH, %/с ² | 328,03±35,15 ^{###} | 279,04±41,76 [#] | 150±15,22 |
| TP, мс ² | 495,67±76,16 ^{***###} | 976,22±67,66 ^{###} | 2893,15±142,14 |
| VLF, мс ² | 183,67±41,96 ^{**###} | 378,06±54,12 ^{###} | 792,18±52,14 |
| LF, мс ² | 236,33±54,42 ^{###} | 369,72±53,11 ^{###} | 1509,33±112,12 |
| HF, мс ² | 75,17±15,53 ^{*###} | 165,71±35,12 ^{###} | 593,47±42,21 |
| LF/HF | 7,52±1,34 ^{*###} | 4,44±0,66 ^{###} | 1,7±0,32 |
| VLF/HF | 12,68±2,40 ^{###} | 8,11±1,16 ^{###} | 1,45±0,26 |
| (VLF+LF)/HF | 20,46±2,45 ^{**###} | 12,59±1,62 ^{###} | 3,11±0,42 |
| VLF/(LF+HF) | 0,96±0,04 [#] | 1,34±0,19 [#] | 0,58±0,11 |
| Перед випискою зі стаціонару | | | |
| mRR, мс | 730,00±36,78 ^{###} | 759,91±17,56 ^{####} | 976,0±42,3 |
| SDNN, мс | 28,45±5,51 ^{###} | 38,40±3,50 [#] | 63,6±6,35 |
| AMo, % | 62,22±10,86 [#] | 51,21±2,92 ^{###} | 37,0±2,49 |
| ИH, %/с ² | 317,40±67,44 [#] | 210,70±26,15 [#] | 150±15,22 |
| TP, мс ² | 619,33±82,49 ^{***###} | 1213,94±97,31 ^{####} | 2893,15±142,14 |
| VLF, мс ² | 279,33±54,65 ^{**###} | 549,90±42,00 ^{####} | 792,18±52,14 |
| LF, мс ² | 286,83±25,88 ^{**###} | 498,55±52,25 ^{###} | 1509,33±112,12 |
| HF, мс ² | 53,17±18,25 ^{**###} | 228,50±31,31 [#] | 593,47±42,21 |
| LF/HF | 9,78±1,96 ^{*###} | 4,02±0,76 [#] | 1,7±0,32 |
| VLF/HF | 12,52±3,07 ^{*###} | 4,87±0,94 ^{##} | 1,45±0,26 |
| (VLF+LF)/HF | 22,14±4,48 ^{**###} | 8,90±1,43 ^{###} | 3,11±0,42 |
| VLF/(LF+HF) | 1,06±0,32 | 1,08±0,18 [#] | 0,58±0,11 |

Примітка: *, **, *** - достовірність різниці середніх значень показників ВСР між I та II групами, #, ##, ### - достовірність різниці середніх значень показників ВСР I та II груп з III групою та *, **, *** - достовірність зміни середніх значень показників ВСР до та після лікування за критерієм Мана-Уїтні відповідає рівням $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

Звертає на себе увагу те, що більшість спектральних характеристик ВСР (TP, VLF, LF, HF, LF/HF, VLF/HF, (VLF+LF)/HF) є достовірно кращими у представників II групи у порівнянні з I групою як до, так і після лікування/реабілітації в госпітальних умовах.

Показник вегетативного балансу LF/HF у I групі осіб має найвище значення у порівнянні з іншими групами, що свідчить про виражене напруження регуляторних процесів за рахунок переважно симпатичної нервової системи у осіб з контузійною головного мозку в анамнезі.

Індекс активації підкоркових нервових центрів (VLF/HF) на початку лікування є

найвищим у I групі осіб. Перед випискою хворих показник VLF/HF достовірно відрізняється лише у представників II групи.

Індекс централізації ((VLF+LF)/HF) є найвищим у I групі осіб, що свідчить про наявність дезадаптаційних процесів у хворих з контузійною головного мозку та порушенням регуляції як на рівні сегментарних (підкоркових), так і надсегментарних (ядерних) структур головного мозку, а також зниження впливу на них гальмівних імпульсів кори мозку. Після проведеного лікування індекс централізації достовірно не змінюється в усіх досліджуваних групах, хоча тенденція до його покращення спостерігається у представників II групи.

Підкорково-стовбуровий індекс (VLF/ (LF+HF) після лікування істотно не змінюється у досліджуваних групах осіб і характеризується у більшості представників переважанням центральних впливів в управлінні серцевим ритмом, відображаючи напруження функціонування системи і тенденції до дублювання контролю над процесами.

Слід зазначити, що низький рівень гормональної модуляції регуляторних механізмів за даними показника VLF притаманний як I, так і II групі військовиків при надходженні їх у госпіталь. Перед їх випискою достовірно покращення ($p < 0,05$) регуляторних процесів відбулося лише у представників II групи. Разом з тим низькі рівні відновного та мобілізаційного потенціалів регуляторних процесів організму, які оцінюються за показниками HF та LF на початку лікування/ реабілітації в госпітальних умовах, у середньому стали помірними (діапазон 300-700 мс²) у представників II групи перед їх випискою.

Загальна потужність спектра нейрогуморальної регуляції (TP) є досить

низькою у I та II групах при порівнянні з нормативними значеннями. Це свідчить про наявність астенії, яка супроводжується зниженням творчого потенціалу особистості і працездатності. Час і ресурси, необхідні для відновлення при захворюваннях, значно високі. У більшості представників (70%) характерні гіпоергічні варіанти реагування. Лише у 13,3 % осіб показник TP знаходився в межах фізіологічної норми.

Позитивним є те, що після проведеного лікування/реабілітації TP достовірно покращився у представників II групи, що свідчить про кращий адаптаційний резерв у них при порівнянні з особами I групи. Таким чином, можна констатувати, що особи в стані дизадаптації (I та II групи) перед початком лікування характеризуються підвищеним рівнем централізації регуляції ССС за показниками ВСР, що певною мірою відображає більшу фізіологічну вартість регуляції ФС.

Крім того встановлено, що у представників I групи лише у 30% осіб відбулися позитивні зміни на ВСР (рис 1).

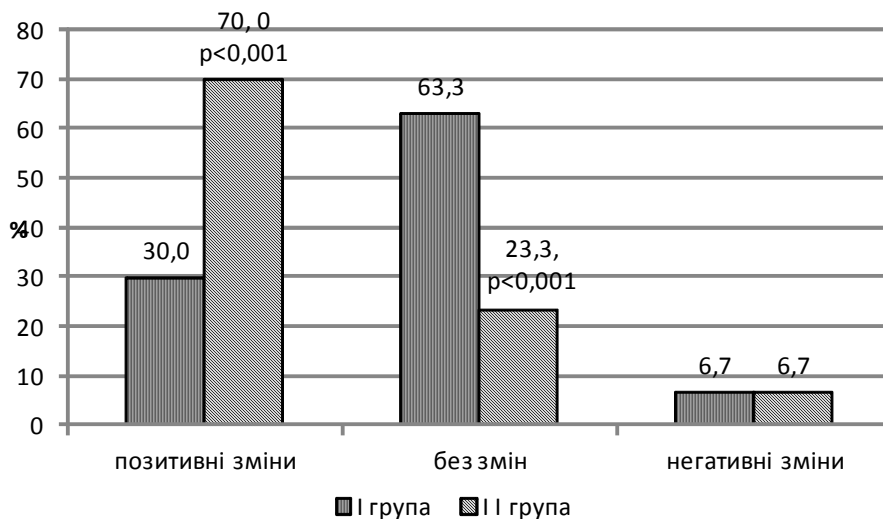


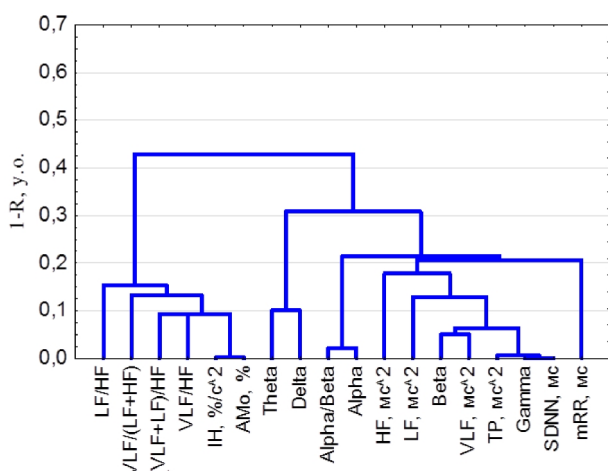
Рис. 2. Особливості відновлення характеристик ВСР у учасників АТО.

У більшості осіб (63,3%) цієї групи зміни характеристик ВСР після стаціонарного лікування майже не відбулося. В окремих випадках (6,7%) відмічалася тенденція до

негативних змін спектральних ВСР. У представників II групи покращення характеристик ВСР після стаціонарного лікування спостерігалось у більшості випадків

(70%). У 23,3 % військовослужбовців характеристики ВСР залишалася без істотних змін та у 6,7 % спостерігалось її погіршення.

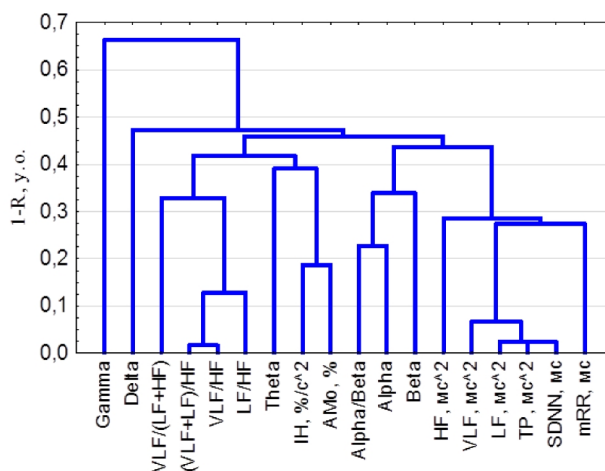
Важливим етапом дослідження став пошук міжсистемних зв'язків для встановлення ступеня напруження регуляторних процесів. Це було здійснено за допомогою кластерного аналізу (критерій кластеризації 1-R Спірмена). Так, зв'язки показників ВСР та ЕЕГ перед надходженням хворих І групи (наявність контузії) є тісними, що свідчить про досить жорстку структуру напруженості регуляторних процесів (рис. 3А).



А

Так, наявна досить тісна взаємодія показників ЕЕГ зі статистичними та спектральними характеристиками ВСР (mRR, SDNN, TP, VLF, LF, HF). При цьому індекс напруження тісно пов'язаний з амплітудою моди та іншими коефіцієнтами відношення різних частотних характеристик.

Після проведеного реабілітаційного лікування структура міжсистемних зв'язків змінилась. Так, зі статистичними та спектральними характеристиками ВСР (mRR, SDNN, TP, VLF, LF, HF) кореспондують лише показники ЕЕГ, які характеризують активність діяльності мозку лише в альфа- та бета-діапазоні спектра.



Б

Рис. 3. Кластерна структура міжсистемних взаємозв'язків (ЕЕГ та ВСР) до (А) та після (Б) реабілітаційного лікування військовослужбовців, які мали контузію головного мозку

Індекс напруження пов'язаний з електричною активністю головного мозку в тета-діапазоні. Зв'язок середньої амплітуди спектра ЕЕГ у гамма- та дельта-діапазонах з показниками ВСР став менш вираженим (лише достовірним з показниками дельта-діапазону). Це свідчить про певне зниження напруження регуляторних процесів в організмі цих військовиків.

Інша картина міжсистемних зв'язків спостерігається у представників ІІ групи. З рис. 4 видно, що характеристики ЕЕГ у дельта- та тета-діапазонах пов'язані з індексами

спектральних характеристик ВСР (LF/HF, VLF/HF, VLF/(LF+HF), (VLF+LF)/HF). Показники ЕЕГ у альфа- та бета-діапазонах пов'язані з цими характеристиками в меншій міру.

Після лікування учасників АТО з терапевтичною патологією сила зв'язків показників ЕЕГ з ВСР зменшилась ($R < 0,4$). Таким чином, можна констатувати, що у представників ІІ групи після реабілітаційного лікування зменшилась напруженість регуляторних процесів, що підтверджується зменшенням сили міжсистемних зв'язків.

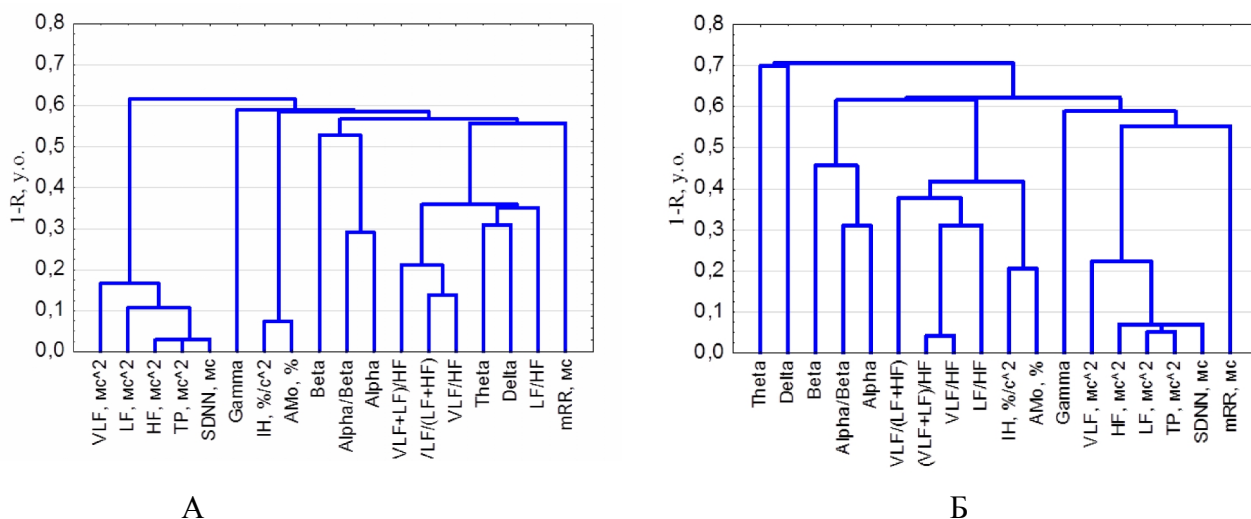


Рис. 4. Кластерна структура міжсистемних взаємозв'язків (ЕЕГ та ВСР) до (А) та після (Б) реабілітаційного лікування військовослужбовців, які мали терапевтичну патологію

Для прогнозування реабілітаційного потенціалу було застосовано нормування зсуву характеристик ЕЕГ та ВСР конкретного військовослужбовця (різниця показників до та після лікування з урахуванням напрямку їх зміни) до середньогрупового значення відповідних характеристик при надходженні в госпіталь. У результаті такої процедури були отримані нормовані значення зсуву характеристик середньої амплітуди загальних діапазонів спектра ЕЕГ та показників ВСР, які мали як позитивні, так і негативні зміни.

Для інтеграції отриманих нормованих характеристик було застосовано факторний аналіз, у результаті якого виділено два фактори, а саме: Φ_1 , який характеризує переважно енергетичний рівень регуляції організму за показниками спектральних характеристик ВСР (вклад цього фактора в загальну дисперсію складає 37%), та Φ_2 , який містить більшість показників ЕЕГ (вклад цього фактора в загальну дисперсію складає 23%). Для кожного з цих факторів були отримані факторні значення, які свідчать про ефективність відновлення ФС людини у такий спосіб: при Φ_1 та $\Phi_2 \geq 0$ відновлення ФС позитивне, в іншому випадку ФС стан військовослужбовця змінився на гірше. Останній випадок також зустрічався і кореспондує з подібними дослідженнями інших вчених [10].

Для прогнозування реабілітаційного потенціалу людини було застосовано множинний регресійний аналіз за методом виключення, де незалежними змінними були характеристики ВСР та ЕЕГ при надходженні хворого в госпіталь, а залежними – факторні значення для Φ_1 та Φ_2 .

У результаті такого аналізу було побудовано лише одну достовірну модель підтримки прийняття рішення щодо реабілітаційного потенціалу людини ($R=0,86, p<0,001$):

$$\Phi_1 = 0,17 + 0,0004 * TP - 0,07 * v - 0,02 * \frac{VLF}{HF^2}$$

де TP – повна спектральна щільність ВСР (характеризує сумарний абсолютний рівень активності регуляторних систем, mc^2); v – середня амплітуда бета-діапазону спектра ЕЕГ, мкВ; $\frac{VLF}{HF^2}$ – індекс активації підкоркових нервових центрів, у.о.

Критеріями віднесення осіб до групи з «високим/задовільним» реабілітаційним потенціалом є наступні умови:

$\Phi_1 > 0$ – військовослужбовець має «високий/задовільний» реабілітаційний потенціал (відновлення ФС організму позитивне),

$\Phi_1 < 0$ – реабілітаційний потенціал військовослужбовця «низький» (ФС стан військовослужбовця відновлюється повільно або не відновлюється взагалі).

Виділення осіб з низьким реабілітаційним потенціалом є важливим, оскільки вони

потребують продовження лікування в умовах реабілітаційних центрів, незважаючи на позитивні зміни загальноприйнятої клінічної симптоматики. При прийнятті рішення про ступінь відновлення ФС, ефективності фізіотерапевтичних або бальнеологічних процедур, фізичних вправ необхідно, крім інших медичних показників, орієнтуватися і на показники ВРС. Чим вище ВРС, чим менше виражені ознаки вегетативної дисфункції, тим інтенсивніше можуть проводитися реабілітаційні заходи.

Отже, адаптаційні і реабілітаційні можливості організму зручніше кількісно оцінювати, використовуючи параметри спектрального аналізу: показник загальної потужності спектра (TP), баланс відділів ВНС (LF / HF) і структуру спектральної потужності (HF, LF, VLF). Чим більша загальна потужність спектра (TP), тим кращий функціональний стан системи (організму) і вищий його реабілітаційний потенціал. Однак при цьому необхідно враховувати, за рахунок якої регуляторної системи або яким чином здійснюється регуляція функціонального стану органів і систем (показники VLF/HF та внесок HF, LF, VLF).

У фізіологічному сенсі найбільш оптимальним механізмом регуляції є регуляція за рахунок швидкої системи реагування – HF-компонента. З іншого боку, надмірна активація однієї з систем регулювання є неминучою і як будь-який однобічний процес призводить до її розбалансування, а тому вимагає адекватної участі в процесах регулювання інших компонентів. Це знаходить своє відображення в появі хвиль повільного (LF) і дуже повільного (VLF) періоду, що відображають вплив симпатичних і гуморально-метаболических (церебральних ерготропних) впливів на модуляцію серцевого ритму. Про вкрай низькі реабілітаційні можливості людини з урахуванням ФС слід говорити в тих випадках, коли показник загальної спектральної потужності (TP) є меншим 200 мс^2 , є дисбаланс відділів ВНС, а в структурі спектральної потужності переважає система дуже повільної

регуляції (VLF-компонент). Таким чином, дослідження ВРС та ЕЕГ у клінічній медицині дозволяє оцінити загальний (поточний) функціональний стан і реабілітаційний потенціал організму.

При наявності супутніх захворювань серцево-судинної системи (артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця, аритмії) дослідження ВРС має бути відокремленим, оскільки не дозволяє оцінити ступінь відновлення ФС у порівнянні з хворими на іншу патологію. Однак таке дослідження дає можливість провести стратифікацію хворих за ступенем ризику виникнення ускладнень, інакше кажучи, виділити групу хворих, у яких є високий ризик розвитку ускладнень при проведенні фізіотерапії, лікувальної фізкультури, бальнеопроцедур, і, відповідно, групу пацієнтів, яким проведення зазначених процедур не протипоказане. Тому дослідження ВРС у кардіологічних хворих з прогностичною метою багато в чому залишається скринінговим методом з відносно високою чутливістю, але низькою специфічністю.

Рівні проявів енергетичної (ВРС) та інформаційно-енергетичної (ЕЕГ) складових забезпечення працездатності свідчать про наявність різних механізмів гармонізації психофізіологічних процесів, що спостерігаються у I та II групах осіб. Детальна трактовка виявлених ефектів потребує додаткового поглибленого аналізу отриманих матеріалів, оскільки в цьому дослідженні не враховано віковий аспект контингенту та деталізація соматичної патології.

Висновки

1. На різних рівнях організації функціонування організму фізіологічна вартість регуляції функціонального стану учасників АТО за показниками ВРС та ЕЕГ є найбільш високою у осіб з контузією в анамнезі. У цих осіб розвивається стан суттєвого перенапруження фізіологічних процесів в організмі, в той час як у осіб з іншою терапевтичною патологією відновлення функціонального стану та зменшення охоронного гальмування в ЦНС відбувається

достовірно краще після відновного лікування в госпітальних умовах.

2. Розроблена модель підтримки прийняття рішення лікаря щодо кількісної оцінки відновлення ФС учасників АТО і дозволяє кількісно спрогнозувати необхідність у подальшій реабілітації після лікування в госпітальних умовах, що є необхідним для уніфікації підходів при проведенні реабілітаційних заходів, здійснення наступності та безперервності на всіх етапах надання реабілітаційної допомоги учасникам АТО.

3. Застосування апаратних методів дослідження ЕЕГ та ВСР при реабілітації

учасників АТО в госпітальних умовах дозволяє оцінити морфофункціональні дефекти, уточнити реабілітаційний потенціал за ступенем відновлення функціонального стану, прогнозувати імовірність розвитку неадекватних і/або парадоксальних реакцій на проведені лікувальні заходи, надати рекомендації з оптимізації проведеної терапії, включаючи медикаментозну, з урахуванням фону нейрогуморальної регуляції.

4. Показано необхідність у інтеграції військових психофізіологів в процес лікування та подальшої реабілітації учасників АТО на госпітальному етапі.

Література

1. Алдонин Г.М. Индекс эффективности коррекции функционального состояния организма / Г.М. Алдонин, С.П. Желудько // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2009. – №3. – С. 311-317.

2. Баевский Р.М. Методика оценки функционального состояния организма человека / Р.М. Баевский, Ю.А. Кукушкин, А.В. Марасанов, Е.А. Романов // Институт авиационной и космической медицины. – Москва, 1995. – С.1-6.

3. Генкин А.А. Прогнозирование психофизиологических состояний. Вопросы методологии и алгоритмизации / А.А. Генкин, В.И. Медведев. – Л.: Наука, 1973. – 144с.

4. Горго Ю.П. Оцінка та керування функціональними станами людини: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Ю.П. Горго, М.В. Маликов, Н.В. Богдановська. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2005. – 135 с.

5. Жирмунская Е.А. Биоэлектрическая активность здорового и больного мозга человека / Е.А. Жирмунская. – В кн.: Руководство по физиологии. Клиническая физиология. – Ленинград: Наука, 1972. – 313 с.

6. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2005. – 412 с.

7. Коржелецький О.С. Функціональні та фармакологічні проби: доцільність застосування в диференційній діагностиці змін ЕКГ органічного і функціонального походження в умовах багатопрофільної лікарні / О.С. Коржелецький, Н.О. Джура, С.В. Казарова // Україна. Здоров'я нації. – 2013. – Т.27, № 3. – С. 54-59.

8. Коркушко О.В. Анализ variability ритма сердца в клинической практике. Возрастные аспекты / О.В. Коркушко, А.В. Писарук. – Киев: «Алкон», 2002. – 192 с.

9. Майоров О. Ю. Исследование биоэлектрической активности мозга с позиций многомерного линейного и нелинейного анализа ЭЭГ. / О. Ю. Майоров, В. Н. Фенченко // Клиническая информатика и телемедицина. – 2008. – Т. 4, Вып. 5. – С. 12-20.

10. Медицинская реабилитация раненых и больных. / Под ред. Ю. Н. Шанина. – СПб: Специальная литература, 1997. – 960 с.

11. Хаютин В.М. Спектральный анализ колебаний частоты сердцебиений: физиологические основы и осложняющие его явления / В.М. Хаютин, Е.В. Лукошкова // Рос. физиол. журн. – 1999. – Т. 85, №7. – С. 893-908.

12. Association of Predeployment Heart Rate Variability With Risk of Postdeployment Posttraumatic Stress Disorder in Active-Duty Marines. / Minassian A., Maihofer A.X., Baker D.G., Nievergelt C.M., Geyer M.A., Risbrough V.B. // JAMA Psychiatry. – 2015. – Vol.2, №10. – P.:979-986.

13. Combat veterans with comorbid PTSD and mild TBI exhibit a greater inhibitory processing ERP from the dorsal anterior cingulate cortex. / Shu I.W., Onton J.A., O'Connell R.M., Simmons A.N., Matthews S.C. // Psychiatry Res. – 2014. – Vol. 224, №1. P. –58-66.

14. Heart rate variability (HRV) and posttraumatic stress disorder (PTSD): a pilot study / Tan G., Dao T.K., Farmer L., Sutherland R.J., Gevirtz R. // Appl Psychophysiol Biofeedback. – 2011. – Vol.36, №1. – P.27-35.

15. Jokiж-Begіж N. Quantitative electroencephalogram (qEEG) in combat veterans with post-traumatic stress disorder (PTSD). / N. Jokiж-Begіж, D. Begіж // Nord J. Psychiatry. – 2003. – Vol.57, №5. – P. 351-355.

16. Nuwer M.R. IFCN standarts for digital recording of clinical EEG / M.R. Nuwer, G. Comi, R.

Emerson [et al.]/ Electroencephalography and clinical Neurophysiology.-1998.- V.106.- P.259-261.

17. Task Force of the European, of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation.– 1996. – Vol.93. – P. 1043–1065.

Науковий рецензент доктор біологічних наук, професор Кальниш В.В.