

УДК 612.825.8:613.685

# ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ УЧАСНИКІВ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ПІД ЧАС РЕАБІЛІТАЦІЇ В ГОСПІТАЛЬНИХ УМОВАХ

**А. В. Швець<sup>1</sup>, А. Ю. Кіх<sup>2</sup>, О. М. Волянський<sup>2</sup>, І. А. Лук'янчук<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Українська військово-медична академія, м. Київ<sup>2</sup>Військово-медичний клінічний центр професійної патології особового складу Збройних Сил України, м. Ірпінь

*Вступ.* 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 дезадаптаційного синдрому, які потребують психофізіологічного оцінювання для вирішення питання про необхідність подальшого реабілітаційного лікування.

*Мета дослідження* – виявити особливості та підходи до оцінювання ступеня відновлення функціонального стану (ФС) учасників антитерористичної операції під час реабілітації в госпітальних умовах.

*Матеріали та методи дослідження.* Як об'єкт дослідження були обрані дві групи чоловіків віком 25–45 років: I група – 30 осіб, які отримали контузію головного мозку в 2014–2015 роках, II група – 30 осіб, які перебували на лікуванні/реабілітації з іншою соматичною патологією. До 90 % осіб перебували в зоні АТО не менше одного року. Як контрольну групу досліджено 76 здорових чоловіків такого самого вікового діапазону. Кожний військовослужбовець проходив курс реабілітації за індивідуальною програмою протягом 12–14 діб. ФС оцінювався на основі дослідження показників варіабельності серцевого ритму (ВСР) та електроенцефалографії (ЕЕГ) до та після реабілітаційного лікування.

*Результати.* Розглянуто особливості відновлення характеристик ЕЕГ, які полягають у суттєво гіршому відновленні ФС I групи (23,3 % осіб з позитивною динамікою) порівняно з II групою (83,4 %;  $p < 0,001$ ). Аналогічні зміни відбуваються і за характеристиками ВСР. Описано структурні особливості 3 ЕЕГ-феноменів, які зустрічаються в 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 побудовано математичну модель підтримки прийняття рішення щодо прогнозування реабілітаційного потенціалу людини та ефективності реабілітації в госпітальних умовах.

*Висновки.* Виявлено, що фізіологічна вартість регуляції ФС є найбільш високою в осіб з контузією в анамнезі. Розроблена модель підтримки прийняття рішення щодо кількісної оцінки відновлення ФС дозволяє кількісно спрогнозувати ефективність реабілітації в госпітальних умовах, що є необхідним для уніфікації підходів при проведенні реабілітаційних заходів, здійснення послідовності 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 ймовірність 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:** функціональний стан, варіабельність серцевого ритму, електроенцефалографія, реабілітаційний потенціал, учасники антитерористичної операції

## Вступ

Криза, яка відбувається не тільки на Сході України, але й на іншій території держави, призводить до того, що з кожним днем зростає кількість військово-службовців 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 дезадаптаційного 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-решт детермінує 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. Загальновизнаними 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 та лабільності головного мозку, підвищення процесів активації. Навпаки, зростання синхронізації біоелектричної активності з підвищенням амплітуди та 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 беруть 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.

*Мета дослідження* – виявлення особливостей та підходів до оцінювання ступеня відновлення ФС

учасників антитерористичної операції під час їх реабілітації в госпітальних умовах.

## Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили на двох групах військовослужбовців віком 25–45 років: I група – 30 чоловіків, які отримали контузію головного мозку в 2014–2015 роках, II група – 30 чоловіків, які не мали черепно-мозкових травм і 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 досліджено вибірку з 73 практично здорових чоловіків такого самого вікового діапазону – контрольна III група осіб. Обстеження військовослужбовців здійснювали відповідно до біоетичних вимог, сформульованих в Гельсінській декларації Всесвітньої асоціації лікарів, що прийняті на 18-й Генеральній асамблеї Всесвітньої асоціації лікарів (Гельсінкі, Фінляндія, 1964 р.) та ст. 7 міжнародної Конвенції громадянських і політичних прав (1966 р.).

Кожний військовослужбовець проходив курс реабілітації за індивідуальною програмою протягом 12–14 днів. Даний курс передбачав комплекс оптимальних видів, форм, обсягів, термінів реабілітаційних заходів з визначенням порядку проведення, спрямованих на відновлення та компенсацію порушених або втрачених функцій організму й здатності конкретної особи до виконання певних видів діяльності.

Вивчення стану вегетативної нервової системи здійснювали згідно з «Міжнародним стандартом» аналізу варіабельності ритму серця (Heart Rate Variability, 1996 р.) [2, 17] по першому стандартному відведенні протягом 5 хв за допомогою багатофункціонального приладу «МПФИ ритмограф 1» ТОВ «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, %/с<sup>2</sup>), амплітуда моди (АМо, %);

2) параметри спектрального аналізу РС: TP – повна спектральна щільність у діапазоні 0,003–0,400 Гц, характеризує сумарний абсолютний рівень активності регуляторних систем; VLF – спектральна щільність у над низькочастотному діапазоні 0,015–0,040 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 0,15–0,40 Гц – відносний рівень активності парасимпатичної ланки регуляції (дихальні хвилі) [2, 8, 17].

Енцефалографічні дослідження проводили перед початком лікування та реабілітації та після його закінчення. Використано електроенцефалографічний комплекс NeuroCom Standard (XAI-Медика, м. Харків). Запис реєстрували монополярно в 16 стандартних відведеннях (Fr, F, C, T, P, O) від обох півкуль, за міжнародною системою «10–20» (Jasper, 1958 р.), з об'єднаним референтним аурікулярним електродом. Частота дискретизації складала 250 Гц. Здійснювали візуальний і програмний аналіз фонові проби тривалістю 1 хв у частотному діапазоні 1–50 Гц. Для кожного відведення вираховували середню спектральну потужність з використанням методу швидкого перетворення Фур'є. Аналізували значення потужності спектра в 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 обробляли 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, виключали з подальшого аналізу [5, 16].

Аналіз отриманих результатів проводили 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 45 % хворих спостерігали підвищення бета-активності на фоні нерегулярного альфа-ритму в поєднанні з дифузною дельта-активністю. Тому, на нашу думку, як маркер відновлення ФС

за показниками ЕЕГ слід застосовувати коефіцієнт відношення  $\alpha/\beta I$  при надходженні в стаціонар та  $\alpha/\beta II$  перед випискою хворого.

Наступний ЕЕГ-феномен, який спостерігали у хворих у 30 % випадків, характеризується дезорганізованою активністю, яка проявляється в нерегулярному уповільненому альфа-ритмі на фоні високоамплітудних пароксизмальних спалахів тета-ритму. Таку картину спостерігали у хворих після важких контузій головного мозку та відкритих черепно-мозкових травм, що може бути пояснено порушенням діенцефальної області головного мозку (позраження ядер таламуса).

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

Крім того, у зоні контузії головного мозку в 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 проводили, що обумовило застосування непараметричних методів дескриптивної статистики.

Наявність в анамнезі хворих контузії віддзеркалюється на достовірно нижчій альфа-активності в I групі, що свідчить про значні активуючі впливи тонічних структур мозку, у тому числі й виражений симпатичний вплив вегетативної нервової системи. Аналогічне явище спостерігали в представників II групи (табл. 1).

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

У тета-діапазоні достовірну різницю показників відносно контрольної групи спостерігали лише в представників I групи, що вказує на наявність вираженого нервово-емоційного напруження в них (табл. 1).

Початкова середня амплітуда загальних діапазонів спектра ЕЕГ у тета-діапазоні є достовірно вищою у представників I групи порівняно з II групою, що

Таблиця 1

Середні показники спектрального діапазону ЕЕГ до та після реабілітаційного лікування,  $M \pm m$ 

Ритм ЕЕГ	Середні значення індексів потужності загальних діапазонів спектра ЕЕГ, %				
	Група I		Група II		Група III
	початкові	після лікування	початкові	після лікування	
$\delta$	32,61 ± 5,52 <sup>##</sup>	31,38 ± 2,79 <sup>###</sup>	32,86 ± 3,49 <sup>###</sup>	24,66 ± 1,85 <sup>+,###,*</sup>	12,99 ± 1,05
$\theta$	20,12 ± 2,83 <sup>#</sup>	15,17 ± 2,18	16,60 ± 1,43	12,18 ± 1,35 <sup>+</sup>	14,23 ± 1,01
$\alpha$	18,22 ± 2,80 <sup>###</sup>	19,65 ± 3,74 <sup>###</sup>	19,09 ± 2,16 <sup>###</sup>	25,60 ± 1,84 <sup>+,###,**</sup>	46,96 ± 3,02
$\beta$	12,83 ± 1,77 <sup>#</sup>	11,99 ± 0,96 <sup>##</sup>	9,83 ± 1,45 <sup>###</sup>	10,93 ± 0,93 <sup>###</sup>	17,60 ± 1,41
$\gamma$	5,53 ± 2,47	6,04 ± 1,60	2,21 ± 0,76	3,10 ± 0,85	3,21 ± 0,40
$\alpha/\beta$	1,38 ± 0,33 <sup>##</sup>	1,52 ± 0,38 <sup>##</sup>	2,23 ± 0,36	2,53 ± 0,33 <sup>*</sup>	2,67 ± 0,24
<i>Середня амплітуда загальних діапазонів спектра ЕЕГ, мкВ</i>					
$\delta$	32,20 ± 3,08 <sup>###</sup>	30,72 ± 1,92 <sup>###</sup>	30,46 ± 3,01 <sup>###</sup>	22,71 ± 1,39 <sup>+,###,***</sup>	18,24 ± 0,96
$\theta$	21,75 ± 2,89 <sup>#</sup>	13,93 ± 1,48 <sup>+</sup>	14,34 ± 0,81	13,31 ± 2,95	14,34 ± 0,92
$\alpha$	14,32 ± 1,17 <sup>###</sup>	17,57 ± 1,84 <sup>###</sup>	17,43 ± 0,98 <sup>###,*</sup>	20,26 ± 2,17 <sup>##</sup>	27,21 ± 1,22
$\beta$	13,82 ± 1,08 <sup>##</sup>	12,98 ± 0,75 <sup>##</sup>	10,77 ± 0,54 <sup>**</sup>	10,20 ± 0,47 <sup>**</sup>	10,32 ± 0,57
$\gamma$	5,93 ± 1,18	6,26 ± 1,28	4,57 ± 0,86	4,20 ± 0,61	4,34 ± 0,72
$\alpha/\beta$	1,11 ± 0,18 <sup>###</sup>	1,39 ± 0,12 <sup>###</sup>	1,61 ± 0,14 <sup>###,*</sup>	2,12 ± 0,08 <sup>+,###,***</sup>	2,52 ± 0,07
<i>Середні значення частоти, що домінує в кожному з ритмів ЕЕГ, Гц</i>					
$\delta$	1,04 ± 0,05 <sup>###</sup>	1,43 ± 0,10 <sup>++</sup>	1,80 ± 0,17 <sup>+,***</sup>	1,42 ± 0,09 <sup>+</sup>	1,43 ± 0,03
$\theta$	5,65 ± 0,14 <sup>#</sup>	5,70 ± 0,29	5,44 ± 0,28	6,12 ± 0,15 <sup>+,###</sup>	5,26 ± 0,09
$\alpha$	9,74 ± 0,40	9,82 ± 0,27	9,68 ± 0,18	9,69 ± 0,12	9,84 ± 0,10
$\beta$	15,34 ± 0,53	14,89 ± 0,27	14,87 ± 0,43	15,16 ± 0,23	15,72 ± 0,42
$\gamma$	48,19 ± 0,94 <sup>##</sup>	47,25 ± 2,62 <sup>#</sup>	44,54 ± 1,51 <sup>*</sup>	48,81 ± 1,04 <sup>+,##</sup>	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  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ .

свідчить про більш виражене нервово-емоційного напруження військовослужбовців з контузією в анамнезі. Після реабілітації/лікування в представників II групи спостерігали достовірне зниження середніх значень індексів потужності в тета-діапазоні спектра ЕЕГ, а у представників I групи – достовірне 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 їхньої реабілітації/лікування достовірні зміни потужності дельта-активності в бік зменшення зафіксовані в усієї когорти досліджуваних осіб II групи, що вказує на більш краще відновлення в цих осіб первинних ознак центральної втоми та явищ гіпоксемії в ЦНС порівняно з I групою.

Досить чутливим до лікування виявився показник  $\alpha/\beta$ . Так, після проведеного лікування/реабілітації збільшення долі амплітуди та потужності

спектра в альфа-діапазоні порівняно з бета-діапазоном відмічається лише в представників II групи. При цьому рівень цього показника достовірно перевищує в представників II групи при порівнянні з I групою, що свідчить про більш активну тенденцію до відновлення нормальної електричної активності головного мозку в осіб, які не мали контузії в анамнезі.

Середні значення частот, що домінують у кожному з ритмів ЕЕГ, не виходять за межі нормативного діапазону, але мають певні особливості. Так, середні значення частоти в гамма-діапазоні в представників I та II групи перевищує аналогічний показник у групі контролю. При надходженні в госпіталь хворих I групи середні значення частоти в дельта-діапазоні було достовірно нижчим порівняно 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 з незначною зміною амплі-

туди дельта-діапазону свідчить про уповільнені процеси відновлення та наявність ознак втоми в осіб I групи навіть після проведеного лікування. Це також додатково підтверджується й тим, що в представників I групи лише в 23,3 % осіб відбулися позитивні зміни на ЕЕГ. У більшості осіб (70,0 %) цієї групи змін ЕЕГ після стаціонарного лікування майже не відбулося, оскільки прояви контузії на ЕЕГ можуть зберігатися більше 3 років. В окремих випадках (6,7 %) відмічалася тенденція до негативних змін ЕЕГ у дельта та альфа-діапазонах, що можна пояснити порушенням процесів збудження та гальмування в центральній нервовій системі [10]. Що стосується представників II групи, то покращання електричної активності головного мозку після стаціонарного лікування спостерігали в більшості випадків (83,4 %). У 13,3 % військовослужбовців біоелектрична картина залишалася без суттєвих змін та в 3,3 % спостерігали її погіршення.

Таким чином, біоелектрична картина в осіб I групи 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 значними 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 потреби певної частини військовослужбовців з контузією головного мозку в подальшій реабілітації. Крім того, наявність достовірного інверсійного зв'язку коефіцієнтів  $\alpha/\beta$  (відношення середніх амплітуд відповідно  $\alpha$ - та  $\beta$ -діапазону спектра) при надходженні хворих на лікування з середніми амплітудами  $\delta$ - та  $\theta$ -діапазону спектра (відповідно критерії кореляції Спірмена  $R = -0,46$  та  $R = -0,42$ ;  $p < 0,05$ ), а також з середніми значеннями індексів потужності  $\delta$ -спектра ЕЕГ ( $R = -0,38$ ,  $p < 0,05$ ) свідчать про можливість прогнозування ступеня відновлення ФС (реабілітаційного потенціалу людини) за коефіцієнтом  $\alpha/\beta$ . При більш високих його значеннях перед лікуванням/реабілітацією в госпітальних умовах відбувається

зменшення вкладу  $\delta$ - та  $\theta$ -діапазону спектра, що може свідчити про зменшення нервово-емоційного напруження та ознак центральної втоми і явищ гіпоксемії в ЦНС. Значення цього коефіцієнта нижче ніж 1,5 може свідчити про низький реабілітаційний потенціал людини. Крім того, за даними деяких зарубіжних дослідників, таке явище, при якому вклад  $\beta$ -діапазону починає домінувати над  $\alpha$ -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 покращувався ( $p < 0,05$ ) лише в представників II групи військовослужбовців порівняно 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 покращання адаптаційного потенціалу як у осіб I, так і II груп.

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

Звертає на себе увагу те, що більшість спектральних характеристик ВСР (TP, VLF, LF, HF, LF/HF, VLF/HF, (VLF + LF)/HF) є достовірно кращими



Таблиця 2

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

Показник ВСР	Група I	Група II	Група III
<i>При надходженні в стаціонар</i>			
mRR, мс	736,63 ± 15,28 <sup>###</sup>	689,71 ± 29,99 <sup>###</sup>	976,00 ± 42,30
SDNN, мс	26,85 ± 5,34 <sup>###</sup>	35,10 ± 4,79 <sup>###</sup>	63,60 ± 6,35
AMo, %	63,15 ± 3,58 <sup>###</sup>	56,28 ± 4,36 <sup>###</sup>	37,00 ± 2,49
ІН, %/с <sup>2</sup>	328,03 ± 35,15 <sup>###</sup>	279,04 ± 41,76 <sup>#</sup>	150,00 ± 15,22
TP, мс <sup>2</sup>	495,67 ± 76,16 <sup>***###</sup>	976,22 ± 67,66 <sup>###</sup>	2893,15 ± 142,14
VLF, мс <sup>2</sup>	183,67 ± 41,96 <sup>***###</sup>	378,06 ± 54,12 <sup>###</sup>	792,18 ± 52,14
LF, мс <sup>2</sup>	236,33 ± 54,42 <sup>###</sup>	369,72 ± 53,11 <sup>###</sup>	1509,33 ± 112,12
HF, мс <sup>2</sup>	75,17 ± 15,53 <sup>***###</sup>	165,71 ± 35,12 <sup>###</sup>	593,47 ± 42,21
LF/HF	7,52 ± 1,34 <sup>*###</sup>	4,44 ± 0,66 <sup>###</sup>	1,70 ± 0,32
VLF/HF	12,68 ± 2,40 <sup>###</sup>	8,11 ± 1,16 <sup>###</sup>	1,45 ± 0,26
(VLF + LF)/HF	20,46 ± 2,45 <sup>**###</sup>	12,59 ± 1,62 <sup>###</sup>	3,11 ± 0,42
VLF/(LF + HF)	0,96 ± 0,04 <sup>###</sup>	1,34 ± 0,19 <sup>#</sup>	0,58 ± 0,11
<i>Перед випискою зі стаціонару</i>			
mRR, мс	730,00 ± 36,78 <sup>###</sup>	759,91 ± 17,56 <sup>###,+</sup>	976,00 ± 42,30
SDNN, мс	28,45 ± 5,51 <sup>###</sup>	38,40 ± 3,50 <sup>#</sup>	63,60 ± 6,35
AMo, %	62,22 ± 10,86 <sup>#</sup>	51,21 ± 2,92 <sup>###</sup>	37,00 ± 2,49
ІН, %/с <sup>2</sup>	317,40 ± 67,44 <sup>#</sup>	210,70 ± 26,15 <sup>#</sup>	150,00 ± 15,22
TP, мс <sup>2</sup>	619,33 ± 82,49 <sup>***###</sup>	1213,94 ± 97,31 <sup>###,+</sup>	2893,15 ± 142,14
VLF, мс <sup>2</sup>	279,33 ± 54,65 <sup>***###</sup>	549,90 ± 42,00 <sup>###,+</sup>	792,18 ± 52,14
LF, мс <sup>2</sup>	286,83 ± 25,88 <sup>***###</sup>	498,55 ± 52,25 <sup>###</sup>	1509,33 ± 112,12
HF, мс <sup>2</sup>	53,17 ± 18,25 <sup>***###</sup>	228,50 ± 31,31 <sup>#</sup>	593,47 ± 42,21
LF/HF	9,78 ± 1,96 <sup>**###</sup>	4,02 ± 0,76 <sup>#</sup>	1,70 ± 0,32
VLF/HF	12,52 ± 3,07 <sup>*###</sup>	4,87 ± 0,94 <sup>#+</sup>	1,45 ± 0,26
(VLF + LF)/HF	22,14 ± 4,48 <sup>***###</sup>	8,90 ± 1,43 <sup>###</sup>	3,11 ± 0,42
VLF/(LF + HF)	1,06 ± 0,32	1,08 ± 0,18 <sup>#</sup>	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  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ .

в представників II групи порівняно з I групою як до, так і після лікування/реабілітації в госпітальних умовах.

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

Індекс активації підкоркових нервових центрів (VLF/HF) на початку лікування є найвищим у осіб I групи. Перед випискою хворих показник VLF/HF достовірно відрізняється лише в представників II групи.

Індекс централізації (VLF + LF)/HF є найвищим у осіб I групи, що свідчить про наявність дез-

адаптаційних процесів у хворих з контузією 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 покращання спостерігається у представників II групи.

Підкорково-стовбуровий індекс (VLF/(LF + HF)) після лікування суттєво не змінюється в досліджуваних групах осіб і характеризується в більшості представників переважанням центральних впливів в управлінні серцевим ритмом, відображаючи напруження функціонування системи й 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 покращання ( $p < 0,05$ ) регуляторних процесів відбулося лише в 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  $\text{mc}^2$ ) у представників II групи перед їх випискою.

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

Позитивним є те, що після проведеного лікування/реабілітації TP достовірно покращився в представників II групи, що свідчить про кращий адаптаційний резерв у них порівняно з особами I групи. Таким чином, можна констатувати, що особи в стані дезадаптації (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.

Важливим етапом дослідження був пошук міжсистемних зв'язків для встановлення ступеня напруженості регуляторних процесів. Це було здійснено за допо-

могою кластерного аналізу (критерій кластеризації 1-R Спірмена). Так, зв'язки показників ВСР та EEG перед надходженням хворих I групи (наявність контузії) є тісними, що свідчить про досить жорстку структуру напруженості регуляторних процесів (рис. 1, А).

Так, наявна досить тісна взаємодія показників EEG 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 змінилася. Так, зі статистичними та спектральними характеристиками ВСР (mRR, SDNN, TP, VLF, LF, HF) кореспондують лише показники EEG, які характеризують активність діяльності мозку лише в альфа- та бета-діапазоні спектра.

Індекс напруження пов'язаний з електричною активністю головного мозку в тета-діапазоні. Зв'язок середньої амплітуди спектра EEG 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 в представників II групи. З рисунка 2 видно, що характеристики EEG у дельта- та тета-діапазонах пов'язані з індексами спектральних характеристик ВСР (LF/HF, VLF/HF, VLF/(LF + HF), (VLF + LF)/HF). Показники EEG у альфа- та бета-діапазонах пов'язані з цими характеристиками меншою мірою.

Після лікування учасників АТО з терапевтичною патологією сила зв'язків показників EEG з ВСР зменшилася ( $p < 0,4$ ). Таким чином, можна конста-

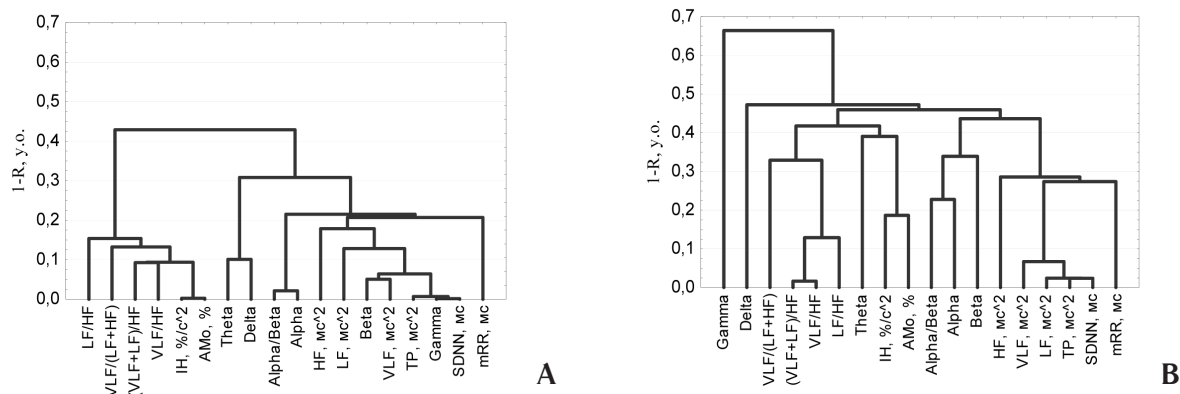


Рис. 1. Кластерна структура міжсистемних взаємозв'язків (EEG та ВСР) до (А) та після (В) реабілітаційного лікування військовослужбовців, які мали контузію головного мозку

тувати, що в представників II групи після реабілітаційного лікування зменшилася напруженість регуляторних процесів, що підтверджується зменшенням сили міжсистемних зв'язків.

Для прогнозування реабілітаційного потенціалу було застосовано нормування зсуву характеристик ЕЕГ та ВСР конкретного військовослужбовця (різниця показників до та після реабілітаційного лікування з урахуванням напрямку їх зміни) до середньгрупового 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: Ф1, який характеризує переважно енергетичний рівень регуляції організму за показниками спектральних характеристик ВСР (вклад цього фактора в загальну дисперсію складає 37 %), та Ф2, 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  $\Phi_1$  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 Ф1 та Ф2.

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

$$\Phi_1 = 0,17 + 0,0004 \cdot TP - 0,07 \cdot \beta - 0,02 \cdot \frac{VLF}{HF},$$

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

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

- $\Phi_1 \geq 0$  – 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 й на показники ВСР. Чим вище ВСР, чим менше виражені ознаки вегетативної дисфункції, тим інтенсивніше можуть проводитися реабілітаційні заходи.

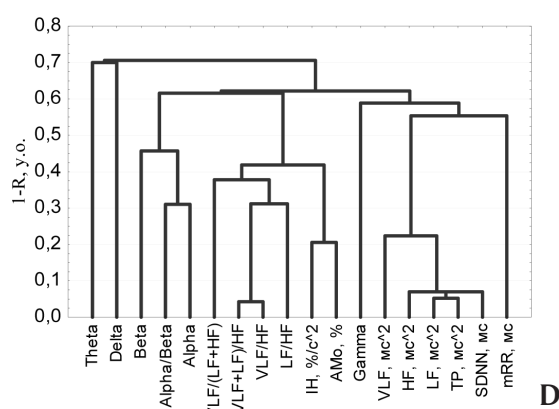
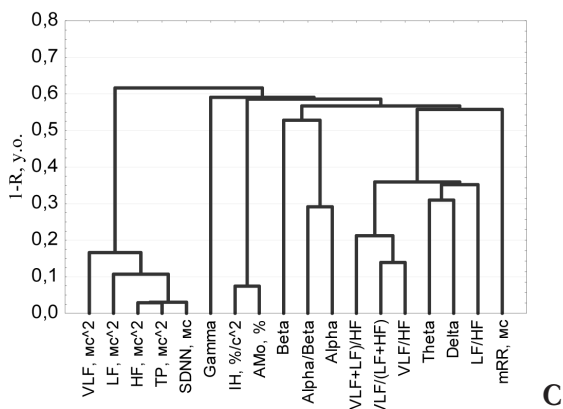


Рис. 2. Кластерна структура міжсистемних взаємозв'язків (ЕЕГ та ВСР) до (С) та після (D) реабілітаційного лікування військовослужбовців, які мали терапевтичну патологію



Отже, адаптаційні та 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 найоптимальнішим 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  $200 \text{ мс}^2$ , є дисбаланс відділів ВНС, а в структурі спектральної потужності переважає система дуже повільної регуляції (VLF-компонент). Таким чином, дослідження ВСП та ЕЕГ у клінічній медицині дозволяє оцінити загальний (поточний) функціональний стан і реабілітаційний потенціал організму.

З філософської точки зору місцевий дефект і загальний ФС організму слід розглядати як категорії відокремленої й загальної. Досліджуючи ВСП та ЕЕГ, ми узагальнено вивчаємо переважно одну зі сторін цієї єдності, але краще розуміємо і повніше оцінюємо відокремлене, у даному випадку — перспективи відновлення ФС та місцевого морфологічного дефекту.

При наявності супутніх захворювань серцево-судинної системи (артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця, аритмії) дослідження ВСП має бути відокремленим, оскільки не дозволяє оцінити ступінь відновлення ФС порівняно 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 ВСП у кардіологічних хворих з прогностичною метою багато в чому залишається скринінговим методом з відносно високою чутливістю, але низькою специфічністю.

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

## Висновки

1. На енергетичному та інформаційно-енергетичному рівні (за показниками ВСП та ЕЕГ) фізіологічна вартість регуляції функціонального стану є найбільш високою в осіб з контузією в анамнезі. У цих осіб розвивається стан суттєвого перенапруження фізіологічних процесів в організмі, у той час як у осіб з іншою терапевтичною патологією відновлення функціонального стану та зменшення охоронного гальмування в ЦНС відбувається достовірно краще після реабілітації в госпітальних умовах.
2. Розроблена модель підтримки прийняття рішення щодо кількісної оцінки відновлення ФС, яка відрізняється від наявних аналогів у країнах близького і далекого зарубіжжя, дозволяє кількісно спрогнозувати ефективність реабілітації 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 ВСП 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.

## 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. 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. – Ленинград : Наука, 1973. – 144 с.
4. Горго Ю. П. Оцінка та керування функціональними станами людини: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Ю. П. Горго, М. В. Маліков, Н. В. Богдановська. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2005. – 135 с.
5. Жирмунская Е. А. Биоэлектрическая активность здорового и больного мозга человека / Е. А. Жирмунская // Руководство по физиологии. Клиническая физиология. – Ленинград : Наука, 1972. – 313 с.
6. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека / Е. П. Ильин. – Санкт-Петербург : 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. – Санкт-Петербург : Специальная литература, 1997. – 960 с.
11. Хаютин В. М. Спектральный анализ колебаний частоты сердечбиений: 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. [et al.] // JAMA Psychiatry. – 2015. – V. 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. [et al.] // Psychiatry Res. – 2014. – V. 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. [et al.] // Appl Psychophysiol Biofeedback. – 2011. – V. 36, № 1. – P. 27–35.
15. Jokić-Begić N. Quantitative electroencephalogram (qEEG) in combat veterans with post-traumatic stress disorder (PTSD). / N. Jokić-Begić, D. Begić // Nord J. Psychiatry. – 2003. – V. 57, № 5. – P. 351–355.
16. 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. – V. 93. – P. 1043–1065.

Швец А. В.<sup>1</sup>, Ких А. Ю.<sup>2</sup>, Волянський А. Н.<sup>2</sup>, Лукьянчук И. А.<sup>1</sup>

## ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТНИКОВ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ В ГОСПИТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

<sup>1</sup>Украинская военно-медицинская академия, г. Киев

<sup>2</sup>Военно-медицинский клинический центр профессиональной патологии личного состава Вооруженных Сил Украины, г. Ирпень

*Введение.* Морально-психологическая неподготовленность, страх не справиться с обязанностями, чувство вины перед погибшими, стремление выжить в условиях разрушений и смертей других, чрезвычайная напряженность труда, нарушение режима питания и отдыха, а также другие вредные факторы служебной деятельности несомненно уменьшают адаптационные резервы организма и приводят к неконструктивным изменениям поведенческих реакций и дизадаптационного синдрома, которые требуют оценки для решения вопроса о необходимости дальнейшего реабилитационного лечения.

*Цель исследования* – выявить особенности и подходы для оценивания степени восстановления функционального состояния (ФС) участников антитеррористической операции во время их реабилитации в госпитальных условиях.

*Матеріали і методи дослідження.* В качестве объекта исследований были выбраны две группы мужчин в возрасте 25–45 лет: I группа – 30 человек, получивших контузию головного мозга в течение 2014–2015 годов, II группа – 30 человек, находившихся на лечении/реабилитации с другой соматической патологией. 90 % лиц находились в зоне АТО не менее одного года. В качестве контрольной группы исследовано 76 здоровых мужчин того же возрастного диапазона. Каждый военнослужащий проходил курс реабилитации по индивидуальной программе в течение 12–14 суток. ФС оценивалось на основе исследования показателей variability сердечного ритма (ВСР) и электроэнцефалографии (ЭЭГ) до и после реабилитационного лечения.

*Результаты.* Рассмотрены особенности восстановления характеристик ЭЭГ, которые заключаются в существенно худшем восстановлении ФС I группы (23,3 % лиц с положительной динамикой) по сравнению со II группой (83,4 %;  $p < 0,001$ ). Аналогичные изменения происходят и по характеристикам ВСР. Описаны структурные особенности 3 ЭЭГ-феноменов, которые встречаются у лиц с контузией головного мозга. Анализ межсистемных связей ЭЭГ и ВСР дополнительно подтверждает медленное восстановление ФС у лиц I группы. С помощью факторного анализа нормированных характеристик изменения показателей ЭЭГ и ВСР до и после лечения построена математическая модель поддержки принятия решения с целью прогнозирования реабилитационного потенциала человека и эффективности реабилитации в госпитальных условиях.

*Выводы.* Выявлено, что физиологическая стоимость регуляции ФС является наиболее высокой у лиц с контузией в анамнезе. Разработанная модель поддержки принятия решения для количественной оценки восстановления ФС позволяет прогнозировать эффективность реабилитации в госпитальных условиях, что необходимо для унификации подходов при проведении реабилитационных мероприятий, осуществления преемственности и непрерывности на всех этапах оказания реабилитационной помощи участникам АТО. Показано, что применение аппаратных методов исследования ЭЭГ и ВСР при реабилитации участников АТО в госпитальных условиях позволяют оценить морфофункциональные дефекты, уточнить реабилитационный потенциал по степени восстановления ФС, прогнозировать вероятность развития неадекватных и/или парадоксальных реакций на проводимые лечебные мероприятия, дать рекомендации по оптимизации проводимой терапии, включая медикаментозную, с учетом фона нейрогуморальной регуляции.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, variability сердечного ритма, электроэнцефалография, реабилитационный потенциал, участники антитеррористической операции

**Shvets A. V.<sup>1</sup>, Kikh A. Yu.<sup>2</sup>, Volyansky O. M.<sup>2</sup>, Lukyanchuk I. A.<sup>1</sup>**

## **PECULIARITIES OF RECOVERING THE FUNCTIONAL STATE OF PARTICIPANTS OF ANTITERRORIST OPERATIONS DURING REHABILITATION PERIOD IN HOSPITALS**

<sup>1</sup>Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv

<sup>2</sup>Military Medical Clinical Center of Occupational Pathology of the Armed Forces of Ukraine, Irpin

*Introduction.* The moral and psychological unpreparedness, non-coping fear with the responsibilities, feeling of guilt to the deads, striving to survive in conditions of destructions and deaths of other people, extreme strain of work, disorders in eating and rest patterns and other harmful factors of duty undoubtedly reduce human adaptive reserves and lead to non-constructive changes of behaviors and the disadaptation syndrome, which require their assessment in order to solve a problem on the need of further rehabilitation treatment.

*The purpose of the study.* To identify the characteristics and approaches for assessment of the degree of recovery of the functional state (FS) in participants of antiterrorist operations during their rehabilitation period in hospitals.

*Materials and methods.* There were selected two groups of 25–45 aged men: 1st group – 30 persons with brain concussion over 2014–2015, 2nd group – 30 people, who were on treatment/rehabilitation with other somatic pathology. 90 % of them were in the ATO area at least for one year. As the control group there were examined 76 healthy men of the same age. Each serviceman was treated by an individual rehabilitation program for 12–14 days. The assessment of FS was based on heart rate variability (HRV) and electroencephalography (EEG) data before and after the rehabilitation treatment.

*Results.* Peculiarities of EEG characteristics of recovering were significantly worse in the 1st group FS (only 23,3 % with a positive dynamics) as compared with the 2nd group (83,4 %;  $p < 0,001$ ). Similar changes were recorded in the HRV characteristics. There were described structural features of 3 types of EEG phenomena, which occur in patients with brain concussion. The analysis of EEG and HRV data interconnections additionally confirm a slow FS recovery among the 1st group people. A model for supporting a decision making in order to prognose a human rehabilitation potential as well as rehabilitation effectiveness assessment in hospital conditions based on the factor analysis of the rated changes of EEG and HRV data shifts before and after treatment has been developed.

*Conclusions.* The physiological value of FS regulation is the highest among individuals with a brain concussion. The developed supporting model for the FS recovery assessment makes it possible to quantitatively predict the rehabilitation effectiveness in hospital conditions, which is necessary in order to unify approaches for the rehabilitation process and implementation of suc-

cession and continuity of providing rehabilitation aid at all stages to ATO participants. It was shown that the use of the hardware research methods of EEG and HRV for rehabilitation of ATO participants in hospital conditions are useful for assessment of morphological defects and in order to specify the rehabilitation potential according to FS recovery degree, to predict the probability of development of inappropriate and/or paradoxical reactions on medical treatment measures, to provide recommendations on therapy optimization, taking into account a background of neurohumoral regulation.

**Key words:** functional state, heart rate variability, electroencephalography, rehabilitation potential, participants of anti-terrorist operations

## References

1. Aldonin, G. M., Zheludko, S. P., 2009, "Index of the effectiveness correction of the body functional state", Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, no. 3, pp. 311–317 (in Russian).
2. Bayevskiy, R. M., Kukushkin, Y. A., Marasanov, A. V., Romanov, E. A., 1995, "A method of human functional status estimation", Institute of aviation and space medicine, Moscow, pp. 1–6 (in Russian).
3. Genkin, A. A., Medvedev, V. I., 1973, Prediction of psychophysiological states. Problems of methodology and algorithmization, Leningrad : Nauka, 144 p. (in Russian).
4. Gorgo, J. P., Malikov, N. V., Bogdanovskaya, N. V., 2005, Assessment and management of human functional states: A manual for students of higher education, Zaporozhye, Zaporizhian National University, 135 p. (in Ukrainian).
5. Zhyrmyskaya, E. A., 1972, Bioelectric activity of healthy and sick human brain. Guide on physiology. Clinical physiology, Leningrad: Nauka, 313 p. (in Russian).
6. Ilyin, E. P., 2005, Human psychophysiology state, SPb.: Peter, 412 p. (in Russian).
7. Korzheletskiy, A. S., Dzhura, N. O., Kazarova, S. V., 2013, Functional and pharmacological tests: of use for differential diagnostics of ECG changes of organic and functional origin in conditions of multi-profile hospital, Ukraine. Health of the Nation, v. 27, no. 3, pp. 54–59 (in Ukrainian).
8. Korkushko, A. V., Pizaruk, A. V., 2002, Analysis of heart rhythm variability in clinical practice. Age aspects, Kiev: Alkon, 192 p. (in Russian).
9. Mayorov, O. Y., Fenchenko, V. N., 2008, Investigation of bioelectric brain activity using linear and nonlinear multi-digital data EEG analysis, Clinical Informatics and Telemedicine, no. 5, pp. 12–20 (in Russian).
10. Medical rehabilitation of wounded and sick, 1997, (Ed. N. Shanin), St. Petersburg: Special literature, 960 p. (in Russian)
11. Hayutin, V. M., Lukoshkova, E. V., 1999, Spectral analysis of heartbeat frequency oscillations: Physiological bases and aftereffect phenomenon, Ros. fiziol. zhurnal., v. 85, no. 7, pp. 893–908 (in Russian).
12. Minassian, A., Maihofer, A. X., Baker, D. G. [et al.], 2015, "Association of Predeployment Heart Rate Variability With Risk of Postdeployment Posttraumatic Stress Disorder in Active-Duty Marines", JAMA Psychiatry, v. 2, no. 10, pp. 979–986.
13. Shu, I. W., Onton, J. A., O'Connell, R. M. [et al.], 2014, "Combat veterans with comorbid PTSD and mild TBI exhibit a greater inhibitory processing ERP from the dorsal anterior cingulate cortex", Psychiatry Res, v. 224, no. 1, pp. 58–66.
14. Tan, G., Dao, T. K., Farmer, L. [et al.], 2011, "Heart rate variability (HRV) and posttraumatic stress disorder (PTSD): a pilot study", Appl Psychophysiol Biofeedback, v. 36, no. 1, pp. 27–35.
15. Jokić-Begić N. Quantitative electroencephalogram (qEEG) in combat veterans with post-traumatic stress disorder (PTSD). / N. Jokić-Begić, D. Begić // Nord J. Psychiatry. – 2003. – V. 57, № 5. – P. 351–355.
16. Nuwer, M. R., Comi, G., Emerson, R. [et al.], 1998, "IFCN standards for digital recording of clinical EEG", Electroencephalography and clinical Neurophysiology, v. 106, pp. 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, 1996, Circulation, v. 93, pp. 1043–1065.

Надійшла: 15 квітня 2016 р.

**Контактна особа:** Швець Андрій Володимирович, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, науково-дослідний відділ психофізіології людини в особливих умовах, Науково-дослідний інститут проблем військової медицини Української військово-медичної академії, буд. 1, 11-та лінія, м. Ірпінь, 08203. Тел.: + 38 0 66 711 54 00. Електронна пошта: shvetsandro@gmail.com