

Нейрональні кореляти простої сенсомоторної реакції як маркери швидкості обробки інформації у ветеранів АТО/ООС

О.І. Подковка, М.Ю. Макаrchук, Н.Б. Філімонова, О.С. Книр, І.В. Пампуха, О.А. Горбунов

ІНЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка; e-mail: ol.podkovka@gmail.com

Визначали швидкість простої сенсомоторної реакції (ПСМР) та особливості зв'язності головного мозку під час її здійснення у ветеранів АТО/ООС, а також військовослужбовців – пацієнтів з пост-травматичним стресовим розладом (ПТСР) і з черепно-мозковою травмою середньої тяжкості (ЧМТ). Для цього використовували оригінальний комп'ютерний тест, під час якого відбувався запис ЕЕГ з подальшим когерентним аналізом та аналізом методом LORETA. Було виявлено, що швидкість ПСМР у групі ветеранів АТО/ООС істотно нижча, ніж у контрольній групі (здорові волонтери). Латентні періоди (ЛП) ПСМР у групі ветеранів АТО/ООС становили 279 [251;308] мс щодо контрольних значень (258 [235;279]) мс, а щодо значень у пацієнтів з ПТСР (279 [273;287] мс) і з ЧМТ (281 [273;352] мс) не виявлено значущих відмінностей. ЕЕГ дослідження та когерентний аналіз показали істотне зниження зв'язності мозку у ветеранів АТО/ООС порівняно з контрольною групою, особливо в низькочастотних діапазонах (δ та θ). Аналіз ділянок активації мозку, здійснений за допомогою методу LORETA показав, що суттєвих відмінностей в активації у ветеранів АТО/ООС та осіб з ПТСР, а також між групою ветеранів АТО/ООС та пацієнтами з ЧМТ немає. Але порівняно з контрольною групою у ветеранів АТО/ООС рівень активації клину, середньої потиличної звивини та м'язової звивини був значущо нижчий. Таким чином, можна рекомендувати ветеранам АТО/ООС пройти додаткове медичне обстеження для виявлення прихованих уражень головного мозку. Ключові слова: проста сенсомоторна реакція; посттравматичний стресовий розлад; черепно-мозкова травма; АТО; зв'язаність головного мозку.

ВСТУП

Проста сенсомоторна реакція (ПСМР) – це швидка відповідь на відомий подразник, який виникає через різні часові інтервали за допомогою заздалегідь узгодженого простого руху. Прикладом ПСМР може бути натискання кнопки або клавіші у відповідь на візуальний чи аудіальний сигнал. Така реакція включає фази сприйняття, обробки отриманої інформації та моторної відповіді [1], а також інформує про просторові та часові характеристики психомоторної організації людини. Дослідження латентних періодів (ЛП) ПСМР є основою при вивченні проце-

сів обробки інформації, які є визначальними для різних видів розумової діяльності. ЛП реакції визначається як проміжок часу від моменту появи стимулу до початку моторної відповіді. Це важливий показник, що корелює із процесами збудження у центральній нервовій системі (ЦНС) [1]. Таким чином, він може бути використаний для аналізу базових когнітивних функцій людини [2]. Водночас точність (тобто, коректність) ПСМР вказує на ефективність процесів когнітивної диференціації та надає характеристики моторної відповіді [2].

Швидкість та ефективність процесів сприйняття інформації та її інтеграція – важ-

© О.І. Подковка, М.Ю. Макаrchук, Н.Б. Філімонова, О.С. Книр, І.В. Пампуха, О.А. Горбунов

ливій зміні, які показують залученість базових когнітивних механізмів до здійснення цільових завдань [3]. ЛП та точність ПСМР у нормальних умовах є відносно сталими показниками і їхні зміни можуть свідчити про перебудови в роботі ЦНС, що дає можливість використовувати їх для контролю, прогнозування та корекції ментального стану людини [2]. Крім того, тривалість ЛП – важливий параметр, який говорить про рівень психофізичної готовності до виконання моторних завдань взагалі [4].

Існує низка спеціальностей, які потребують підвищеного рівня психомоторних здібностей з високою точністю, координацією та адекватністю здійснення рухів, наприклад, водії, професійні спортсмени чи військові певних спеціальностей [4, 5]. Дослідження за участю військовослужбовців становить підвищений науковий інтерес та актуальність з огляду на існуючу геополітичну та соціопсихологічну ситуацію в Україні [6].

В антитерористичній операції (АТО) та операції об'єднаних сил (ООС) на сході України взяли участь понад 150 000 бійців [7]. Цікавим фактом є те, що цей збройний конфлікт відрізняється від інших, наприклад, таких як Афганська війна. З одного боку, АТО – це гібридна війна всередині однієї держави та однієї нації, що визначає специфічні етнокультурні та соціопсихологічні риси, які об'єднуються в «Донбаський синдром». Останній характеризується переважанням тяжкої соціальної фрустрації та руйнуванням старих відносин [8]. Наприклад, у дослідженні Loganovsky зі співавт. [7], було показано, що ментальний стан бійців АТО/ООС виявився кращим, ніж у ліквідаторів Чорнобильської аварії та ветеранів Афганської війни. Такі результати можна пояснити тим, що більшість обстежуваних учасників АТО/ООС були членами волонтерських батальйонів. Іншими словами, кращий ментальний стан бійців АТО/ООС може бути пояснений їхнім свідомим та добровільним рішенням прийняти ризики війни [7]. Проте потрібно

враховувати вплив часу, який минув з моменту Чорнобильської катастрофи та війни в Афганістані порівняно з АТО/ООС.

Мета нашої роботи – визначення швидкості ПСМР та особливостей зв'язності головного мозку під час здійснення ПСМР у ветеранів АТО/ООС, а також у пацієнтів з посттравматичним стресовим розладом (ПТСР) та черепно-мозковою травмою середньої тяжкості (ЧМТ).

МЕТОДИКА

В обстеженні взяли участь 20 чоловіків віком від 18 до 21 року без скарг на здоров'я – студенти Київського національного університету імені Тараса Шевченка (контрольна група), а також військові, які брали участь у бойових діях на сході України: 35 чоловіків віком від 25 до 34 років без скарг на здоров'я та які є студентами Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка (ВІКНУ), надалі – ветерани АТО/ООС та 17 чоловіків віком від 22 до 58 років з черепно-мозковою травмою середньої тяжкості (ЧМТ) і 10 чоловіків віком від 22 до 51 року з посттравматичним стресовим розладом (ПТСР) – пацієнти Центру медичної реабілітації та санаторного лікування МО України «Пуща-Водиця». Усі обстежувані були праворукими. Обов'язковою умовою була добровільна письмова згода обстежених на участь у цих дослідженнях. Тривалість періоду після виходу з АТО/ООС у ветеранів АТО/ООС становила 1-2 роки, їх стан був стабільним. Обстежувані цієї групи були визнані здоровими, однак, раніше Loganovsky зі співавт. [7] показали, що цей конфлікт призвів до різкого і тривалого погіршення психічного та фізичного здоров'я всіх його учасників, що можна пояснити впливом доквілля, тривалим фізіологічним збудженням, пов'язаним з намаганням вижити, свідченням травм чи смерті інших бійців [8]. З огляду на це, ми припускаємо, що патерн активації головного мозку під час виконання тесту на просту

сенсомоторну реакцію, ЛП та ефективність виконання у учасників АТО/ООС буде відрізнятися від результатів контрольної групи, що в свою чергу може слугувати прогностичним індикатором подальшого погіршення їх психічного здоров'я.

Після завершення збору даних 5 учасників контрольної групи, 6 – з групи ветеранів АТО/ООС та 2 – з групи військовослужбовців з ЧМТ були виключені з дослідження у зв'язку з великою кількістю артефактів у записах ЕЕГ та неможливістю подальшої обробки результатів. Після виключення в дослідженні залишилося 69 осіб.

Для реєстрації та аналізу ЕЕГ був використаний комплекс Нейрон-Спектр-4/VP («NeuroSoft», Росія). Запис проводили у звукоізолюванні кімнаті, монополярно, з частотою квантування 500 Гц, референтні електроди були розташовані на мочках вух. Використовували мостикові посріблені електроди, які накладали відповідно до міжнародної системи 10–20, формуючи 19 відведень: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2. За допомогою програми Нейрон-Спектр у кожному відведенні для діапазонів частот ЕЕГ: δ (0,5–3,9 Гц), θ (4,0–7,9 Гц), α (8,0–13,9 Гц), β_1 (14,0–19,9 Гц) і β_2 (20,0–35,0 Гц), були розраховані когерентності для кожної пари електродів. ПСМР була визначена за допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми [9].

Для отримання координат диполів активності головного мозку обстежуваних при виконанні тестового завдання для всіх частотних діапазонів ми використали електромагнітну томографію низького розширення LORETA (від англ. Low Resolution brain Electric Tomography software) – валідований метод для локалізації електричної активності в мозку на основі мультिकанального поверхневого запису ЕЕГ [10].

Для реєстрації ПСМР на екрані комп'ютера була інструкція, згідно з якою обстежуваний мав реагувати на появу зображення (квадрата) якомога швидше, натисканням

будь-якої клавіші. Після цього з'явилося слово «Пуск», 2 с надавали для фокусування, після чого перші 15 зображень (квадратів) – для адаптації та були виключені з подальшого аналізу. Потім послідовно пред'явлено ще 100 зображень основної групи. Пауза між ними була обрана випадково з інтервалом 500–600 мс, так що наступний сигнал очікувався, але звикання до ритму подання зображень не відбувалося. Зображення зникало після натискання будь-якої клавіші, інакше його пред'явлення тривало 1500 мс. Точність реєстрації ЛП ПСМР становила 10 мс. Швидкість ПСМР розраховували як середнє значення 100 реакцій обстежуваної групи. Під час виконання тесту реєстрували ЕЕГ.

Статистичний аналіз здійснювали за допомогою пакету програм Statistica 8.0 («StatSoft», USA). Критичним рівнем значущості при тестуванні статистичних гіпотез вважали 0,05. Оскільки розподіл ПСМР за критерієм Шапіро–Уїлка відрізнявся від нормального ($P < 0,05$), то для оцінки центральної тенденції використовували медіану (Me), а розкиду – міжквартильний розмах [25%; 75%]. Відмінності між двома незалежними вибірками оцінювали за U-критерієм Манна–Уїтні. Дистантну синхронізацію зон мозку при виконанні тестових завдань визначали за допомогою когерентного аналізу. Середнє значення функції когерентності залежить від наявності шуму в сигналах. Так, якщо він становить понад 30–40%, стає проблемним виділення сигналу на фоні шуму і, як наслідок, твердження про високу синхронізацію в різних відведеннях. Крім того, для кожної гармоніки на межі двох сусідніх епох, що аналізуються, внаслідок ефекту витікання спектра виникають додаткові бічні піки, які можуть становити понад 40% амплітуди центрального піку. Ефект впливає на значення фазової когерентності, а отже, і на когерентність. Тим самим коефіцієнт когерентності дає завищену оцінку щодо ступеня синхронізації процесів, тому достовірною когерентність можна вважати тільки, якщо

вона $\geq 0,7$ [11]. Саме тому в ПСМР визначалася достовірна синхронізація лише для пар відведень з Me $\geq 0,7$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На першому етапі дослідження ми обстежили студентів ВІКНУ. Оскільки всі вони визнані здоровими, ми припустили, що їх результати не будуть відрізнятися від контролю. Однак було виявлено, що швидкість ПСМР у групі ветеранів АТО/ООС істотно нижча, ніж у контрольній (279 [251; 308] і 258 [235; 279] мс відповідно, за критерієм Манна–Уїтні $P = 0,04$). Для з'ясування причин наявності такої відмінності ми провели додатковий порівняльний аналіз швидкості ПСМР ветеранів АТО/ООС з результатами обстеження пацієнтів з ПТСР та з ЧМТ. Не виявлено відмінностей за швидкістю ПСМР між ветеранами та особами з ПТСР: 279 [251; 308] щодо 279 [273; 287] мс ($P = 0,82$), а також між ветеранами та пацієнтами з ЧМТ: 279 [251; 308] щодо 281 [273; 352] мс ($P = 0,09$). Таким чином, у ветеранів АТО/ООС, які визнані здоровими, швидкість ПСМР була нижчою, ніж у контрольній групі та не відрізнялася від значень у пацієнтів з ЧМТ та ПТСР. Отже, можна припустити, що наявні діагностичні методи не дають змоги повною мірою встановити ураження головного мозку. Однак оскільки швидкість ПСМР є основою базових когнітивних функцій людини, вона може слугувати маркером їх дисфункції внаслідок ураження.

Ефективне виконання завдання для визначення ПСМР вимагає поєднання багатьох факторів. По-перше, для забезпечення однаково швидкої відповіді протягом тесту слід підтримувати постійний високий рівень зосередженості та уваги. По-друге, час аферентного та еферентного проведення імпульсів вздовж центральних та периферичних шляхів повинен знаходитися в межах норми для відповідної синхронізації входів у центри інтеграції та виходів до м'язів.

По-третє, сенсомоторна інтеграція повинна відбуватися на кірковому та підкірковому рівнях, щоб поєднати виявлення стимулу із вольовою відповіддю, потрібною для запуску реакції. Нарешті, рух виконується, коли попередньо збуджені підкіркові рухові структури доводяться до рівня розряду за допомогою наміру здійснити довільний рух, що залучає кортикоспинальні шляхи. Сповільнення рухів при здійсненні ПСМР, що спостерігалось у ветеранів АТО/ООС, у осіб з ПТСР та з ЧМТ, є спільною ознакою при захворюваннях центральної нервової системи. З одного боку, це може бути пов'язано зі зниженням пильності, втомою та сповільненням когнітивних процесів, як було показано для пацієнтів з розсіяним склерозом [12]. Однак ці фактори не єдині, що впливають на порушення ПСМР. Збільшення часу при здійсненні останньої може бути пов'язане зі сповільненням проведення імпульсів у моторних або сенсорних шляхах або порушенням сенсомоторної інтеграції, тобто активації потрібної синаптичної схеми, що призводить до виконання заздалегідь запрограмованого рухового акту у відповідь на сенсорний сигнал [12]. Тому для визначення причини збільшення тривалості ЛП, під час виконання ПСМР був здійснений запис ЕЕГ з подальшим когерентним аналізом та виявленням зон активації мозку за допомогою методу LORETA.

Для ідентифікації нейромереж, які були задіяні у реалізації ПСМР провели когерентний аналіз ЕЕГ у всіх групах. Когерентність ЕЕГ є мірою синхронізації електричної активності на певній частоті і аналогом коефіцієнта кроскореляції, вона відображає ступінь функціонального зв'язку між віддаленими генераторами ЕЕГ [11].

Порівняно із контрольною групою у ветеранів були відсутні когерентності між лівою скроневою і тім'яними ділянками у відведеннях Pz-T5 та P3-T5 ($P < 0,001$), а також лівими потиличною і тім'яною ділянками – P3-O1 ($P < 0,05$) у δ -діапазоні (рис. 1); зв'язаність знижувалась у тім'яно-скронево-потиличній ділянці у відведеннях P3-Pz ($P < 0,05$), P4-T6

($P < 0,01$) та P4-O2 ($P < 0,01$) та була відсутня у лівій фронтальній – F7-F3 ($P < 0,05$), лівій фронтально-скроневої – F7-T3 ($P < 0,01$), лівій скронево-тім'яній – T5-P3 ($P < 0,001$), лівій потилично-тім'яній – P3-O1 ($P < 0,05$), а також у скроневих – T3-T5 ($P < 0,001$), T4-T6 ($P < 0,01$) і центрально-скроневих – C3-T5 ($P < 0,001$), C4-T6 ($P < 0,001$) ділянках у θ -діапазоні (рис. 2).

В α -діапазоні істотно знижувалася когерентність між центральною та лівою

тім'яною ділянками у відведеннях Pz-P3 ($P < 0,01$) і у правій скронево-тім'яній – P4-T6 ($P < 0,01$), а також був відсутній зв'язок у лівій скроневої – T3-T5 ($P < 0,001$), лівій скронево-тім'яній – T5-P3 ($P < 0,001$) і лівій потилично-тім'яній – O1-P3 ($P < 0,01$) ділянках (рис. 3).

Як у β_1 , так і в β_2 -діапазонах у групі ветеранів знижувалася зв'язність між лівими тім'яними ділянками у відведеннях P3-Pz ($P < 0,01$ і $P < 0,001$) та її відсутність між

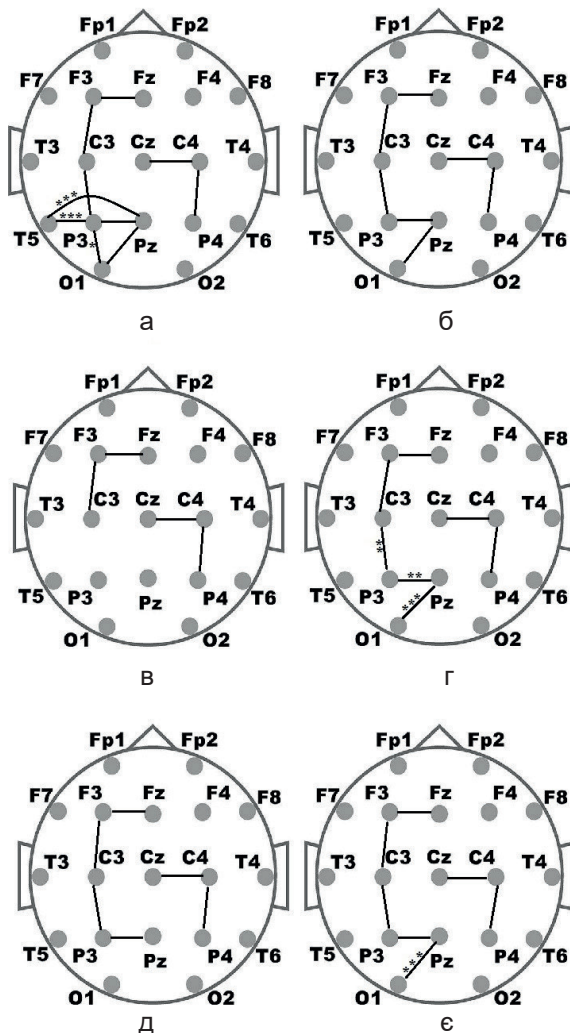


Рис. 1. Когерентності між відведеннями ЕЕГ у контрольній групі – а, у ветеранів АТО/ООС – б, г, е, пацієнтів з черепно-мозковою травмою – в та посттравматичним стресовим розладом – д, в δ -діапазоні (0,5–3,9 Гц). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ щодо значень у ветеранів АТО/ООС

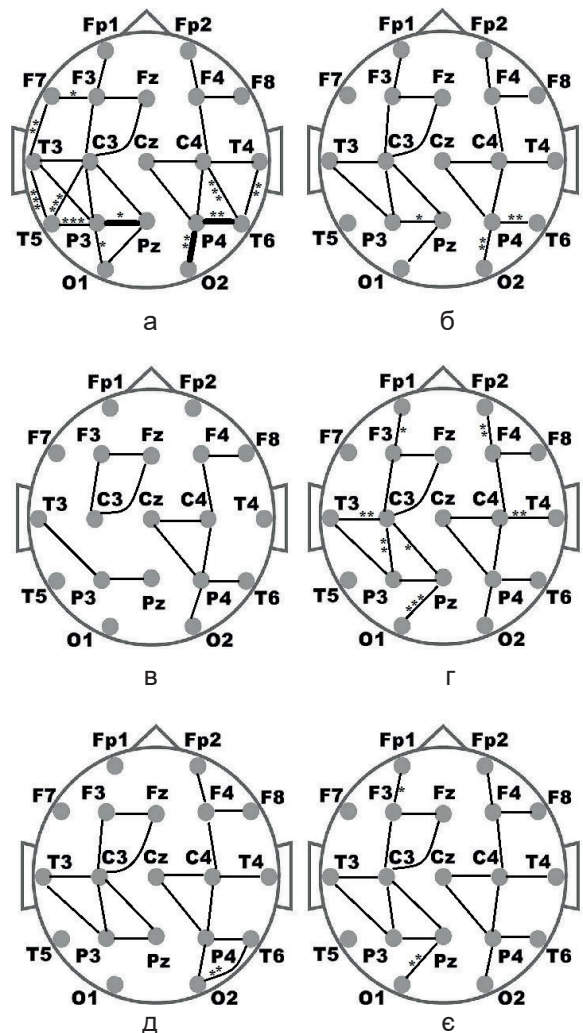


Рис. 2. Когерентності між відведеннями ЕЕГ в контрольній групі – а, у ветеранів АТО/ООС – б, г, е, пацієнтів з черепно-мозковою травмою – в та посттравматичним стресовим розладом – д, в θ -діапазоні (4–7,9 Гц). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ щодо значень у ветеранів АТО/ООС

лівими центральними і скроневими – C3-T3 ($P < 0,001$), лівими скроневими – T3-T5 ($P < 0,001$), між лівими і правими тім'яними і скроневими – P3-T5 ($P < 0,001$); P4-T6 ($P < 0,001$) ділянками порівняно із контролем (рис. 4; рис. 5). У діапазоні $\beta 1$ спостерігалося лише зниження когерентності у лівих фронтальних ділянках – F7-F3 ($P < 0,05$) та F3-Fz ($P < 0,01$; див. рис. 4), у той час як у $\beta 2$ – відсутність зв'язаності між цими ділянками ($P < 0,05$ і $P < 0,001$; див. рис. 5).

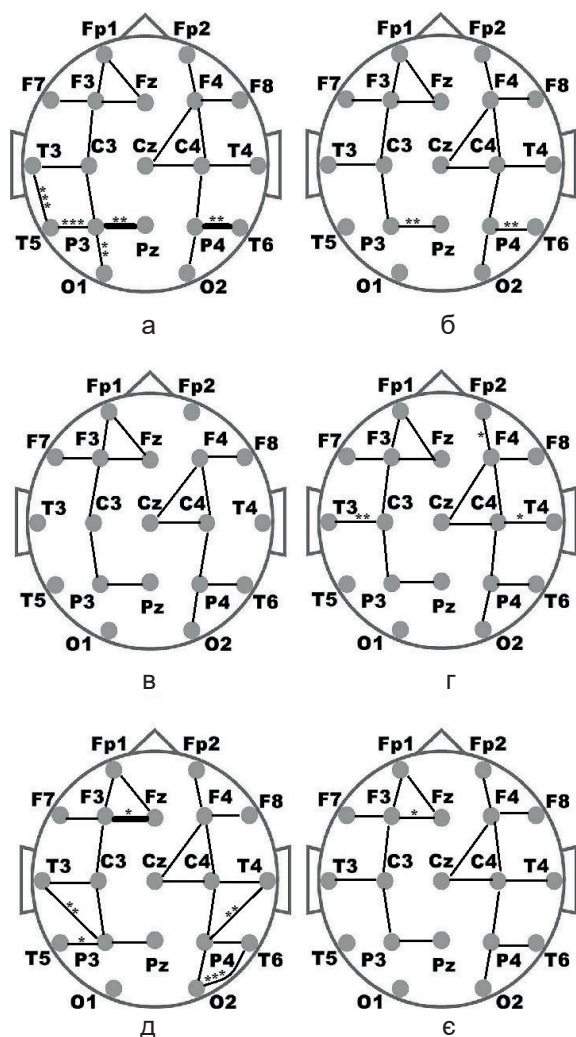


Рис.3. Когерентності між відведеннями ЕЕГ у контрольній групі – а, у ветеранів АТО/ООС – б, г, е, пацієнтів з черепно-мозковою травмою – в та посттравматичним стресовим розладом – д, в α -діапазоні (8–13,9 Гц). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ щодо значень у ветеранів АТО/ООС

Також у діапазоні $\beta 2$ знижувалася когерентність у правій центральній ділянці – Cz-C4 ($P < 0,05$), лівій тім'яно-потиличній – P3-O1 ($P < 0,05$) та була відсутня когерентність між лівою центральною і нижньою скроневою ділянкою – C3-T5 ($P < 0,001$; див. рис. 5), водночас у діапазоні $\beta 1$ не було синхронізації між правою тім'яною і потиличною – P4-O2 ($P < 0,05$), центральною тім'яною і лівою потиличною – Pz-O1 ($P < 0,01$), а також лівою тім'яною і лівою потиличною – P3-O1

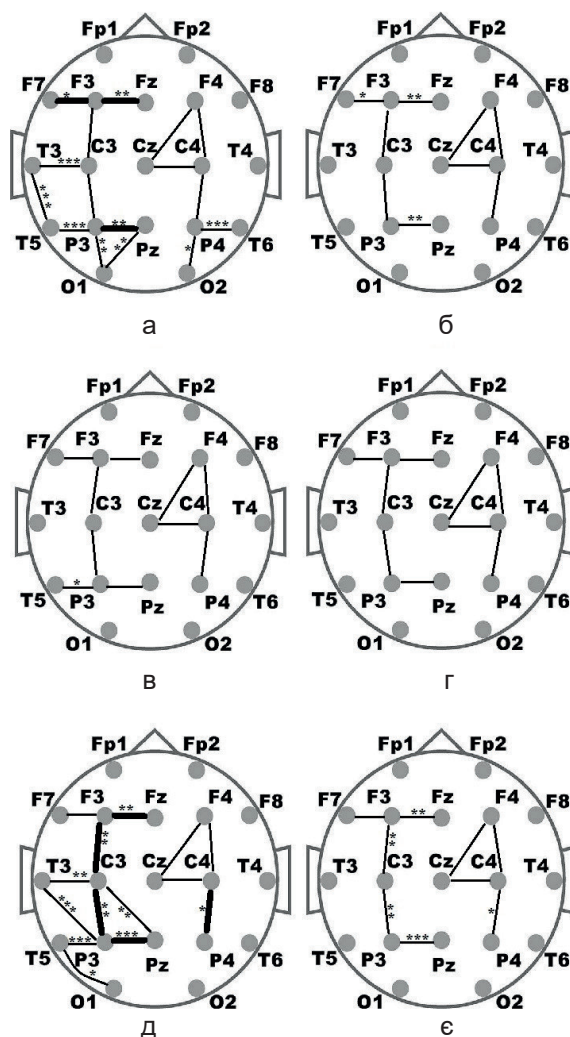


Рис.4. Когерентності між відведеннями ЕЕГ в контрольній групі – а, у ветеранів АТО/ООС – б, г, е, пацієнтів з черепно-мозковою травмою – в та посттравматичним стресовим розладом – д, в $\beta 1$ -діапазоні (14–19,9 Гц). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ щодо значень у ветеранів АТО/ООС

($P < 0,01$) ділянками (див. рис. 4).

Таким чином, ЕЕГ-дослідження та когерентний аналіз виявили істотне зниження зв'язності мозку в групі ветеранів АТО/ООС порівняно з контрольною групою ($P < 0,05$), особливо в низькочастотних діапазонах (δ та θ). Це призводило до руйнування глобальної нейромережі, яка в контрольній групі забезпечувала формування фронто-парієтальної нейромережі, котра узгоджувала активність структур головного мозку для виявлення цілі,

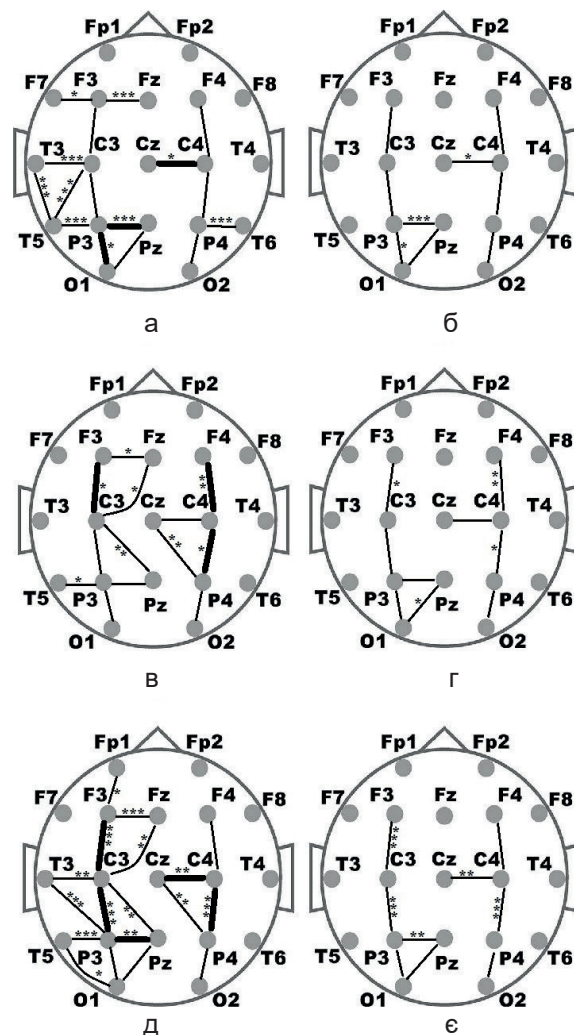


Рис. 5. Когерентності між відведеннями ЕЕГ в контрольній групі – а, у ветеранів АТО/ООС – б, г, є, пацієнтів з черепно-мозковою травмою – в та посттравматичним стресовим розладом – д, в β -діапазоні (4–7,9 Гц). * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ щодо значень у ветеранів АТО/ООС

планування та виконання вольового руху при домінуючому контролі фронтальної кори. Можна припустити, що саме зниження синхронізації процесів реалізації ПСМР спричинювало зниження швидкості ПСМР у групі ветеранів АТО/ООС.

Зазначимо, що між групою ветеранів АТО/ООС та осіб з ПТСР відмінностей було значно менше. У військослужбовців з ПТСР були наявні зв'язки між правою нижньою скроневою та правою потиличною ділянками – Т6-О2 ($P < 0,001$), між лівою нижньою скроневою і лівою тім'яною – Т5-Р3 ($P < 0,05$) і між лівими та правими скроневими та тім'яними – Т3-Р3 ($P < 0,01$); Т4-Р4 ($P < 0,01$) ділянками в α -діапазоні. Посилення зв'язності в α -діапазоні спостерігалось у лівій фронтальній ділянці – F3-Fz ($P < 0,05$; див. рис. 3). Metzger зі співавт. [13] показали, що підвищена α -активність у правих тім'яних, скроневих та фронтальних ділянках асоційована з симптомами ПТСР у жінок, що були медсестрами на війні у В'єтнамі. Це відповідає нейропсихічній моделі активації мозку, згідно з якою більша активація лівої передньої півкулі головного мозку пов'язана з позитивними емоціями та підвищеною мотивацією, в той час як збільшена активність правої передньої півкулі – з негативними емоціями [14]. Інші дослідники [15] зазначають, що вища активація правих задніх скронево-тім'яних ділянок співвідносили зі станами тривожного збудження, в той час як тривожне передчуття (як при obsesивно-компульсивному розладі, генералізованих станах тривоги) – з лівобічною передньою активацією. Cook зі співавт. [16] також виявив, що пацієнти з ПТСР, які в дитинстві отримали травму, мали істотно вищу когерентність ЕЕГ у лівій скронево-тім'яній ділянці в α -діапазоні, а також у правій центральній і скроневій ділянках в β -діапазоні порівняно з контролем, що було також характерним для групи з ПТСР у нашому дослідженні.

У осіб з ЧМТ зменшувалася кількість функціональних зв'язків у δ , θ та α -діапазо-

нах, у діапазонах $\beta 1$ і $\beta 2$ вони збільшувалися, а також посилювалася когерентність (див. рис. 1–5). Маїа зі співавт. [17] показали, що після м'яких та помірних ЧМТ помітно знижувалася когерентність між довгодистантними неймережами, водночас між короткодистантними – зростала (особливо у низьких частотах). У нашому дослідженні найбільше зниження когерентності між довгодистантними неймережами також відбувалось у пацієнтів з ЧМТ, дещо менше – у осіб з ПТСР та у ветеранів АТО/ООС. Це може свідчити про зниження ефективності кортико-кортикальної комунікації [17], що відображається на подовженні часу ПСМР.

Аналіз ділянок активації мозку, здійснений за допомогою методу LORETA показав, що істотних відмінностей в активації між ветеранами АТО/ООС та пацієнтами з ПТСР, а також між ветеранами та особами з ЧМТ немає. Але порівняно з контролем ($P < 0,05$; рис. 6) у ветеранів АТО/ООС був істотно нижчий рівень активації клину (MNI: (X, Y, Z) = (5, -90, 10)), середньої потиличної звивини (MNI: (X, Y, Z) = (10, -95, 10) та язикової звивини (MNI: (X, Y, Z) = (5, -90, 0). Оскільки клин бере участь у когнітивному контролі та підтриманні уваги на неемоційні стимули, а клино-передклинова неймережа відповідає

за поведінкове залучення [18], збільшений час ПСМР та збільшена кількість помилок у групі ветеранів АТО/ООС може бути пов'язана зі зниженням здатності утримувати увагу та зниженою мотивацією до виконання тесту.

Зазначимо, що середній вік учасників контрольної групи відрізнявся майже на десятиліття від групи учасників АТО/ООС, однак ми припустили, що зміни в активності головного мозку внаслідок травм переважають вікові зміни. На підтвердження цього припущення можна навести дані Michely зі співавт. [19], в якій досліджено вплив старіння на взаємозв'язок ділянок головного мозку при виборі та ініціюванні рухів. Показано наявність вікових компенсаторних механізмів, в яких задіяна префронтальна кора: з віком відбувається підвищення префронтально-премоторного зв'язку у відповідь на погіршення сенсорної обробки в парієтально-окципітальних зонах, які задіяні у висхідних (bottom-up) процесах. Такий механізм не відповідає виявленому нами взаємозв'язку в сенсомоторній корі, тобто виявлені особливості не пов'язані з віковими змінами. Разом з тим Vadziuk та Ratyn's'ka [20] показали, що швидкість ПСМР серед старшокласників залежить від погодних умов, тому в подальших дослідженнях цей фактор також має бути врахований.

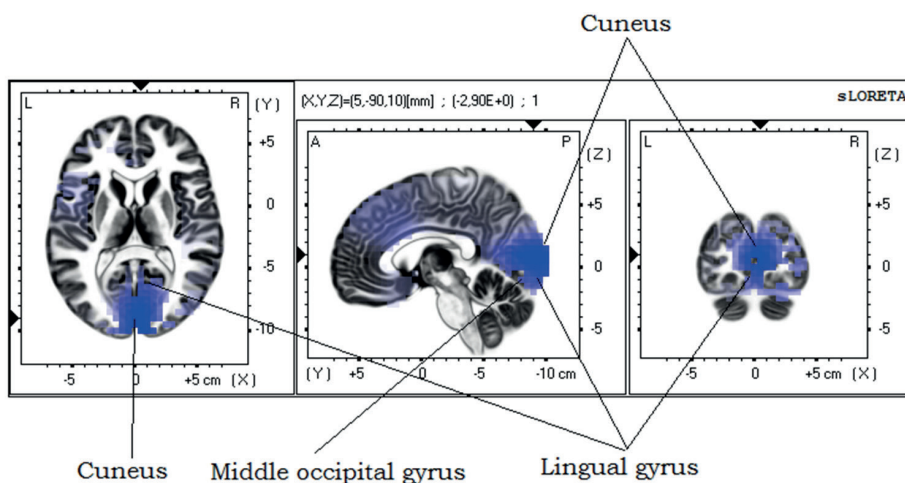


Рис. 6. Карта порівняльної активації мозку під час виконання простої сенсомоторної реакції, отримана методом sLORETA. Клин (Cuneus), середня потилична звивина (Middle Occipital Gyrus) та язикова звивина (Lingual Gyrus) – ділянки з істотно нижчим рівнем активації у ветеранів АТО/ООС порівняно з контрольною групою

ВИСНОВКИ

Під час виконання ПСМР у групі ветеранів АТО/ООС та пацієнтів з ПТСР і ЧМТ був показаний значущо нижчий рівень активації клину, середньої потиличної звивини та язикової звивини порівняно із контрольною групою. Крім того, група ветеранів АТО/ООС характеризувалася зниженням зв'язності головного мозку під час здійснення ПСМР, швидкість якої не відрізнялася істотно від значень у осіб з ПТСР та ЧМТ. Таким чином, можна рекомендувати ветеранам АТО/ООС пройти додаткове медичне обстеження для виявлення прихованих уражень головного мозку.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

O.I. Podkovka, M.Y. Makarchuk, N.B. Filimonova, O.S. Knir, I.V. Pampuha, O.A. Horbunov

NEURAL CORRELATES OF SIMPLE SENSOMOTOR REACTION AS MARKERS OF INFORMATION PROCESSING SPEED IN MILITARY VETERANS

ESC "Institute of Biology and Medicine" of Taras Shevchenko National University of Kyiv; e-mail: ol.podkovka@gmail.com

We examined the latent periods (LP) of simple sensorimotor reaction (SSMR) and peculiarities of brain connectivity during carrying out tests on SSMR in the group of veterans of Joint Forces Operation (JFO) and in military men-patients with post-traumatic stress disorder (PTSD) and with mild traumatic brain injury (mTBI). To this aim, we used a computer test with coherent analysis of EEG. Differences in brain activation were analyzed by LORETA method. It was shown that the speed of SSMR in the group of JFO veterans was significantly lower than in the control group. The LP of SSMR in the group of JFO veterans were 279 ms vs 258 ms in the control group. Comparative analysis of SSMR LP in the group of JFO veterans and in the group with PTSD as well as group with mTBI did not reveal significant differences. The EEG study and coherent analysis showed a significant decrease in the brain connectivity in the group of JFO veterans compared to control group, especially in the low frequency ranges.

There were no significant differences in brain activation between the JFO veterans, PTSD and mTBI patients, but JFO veterans had significantly lower activation of cuneus, middle occipital gyrus and lingual gyrus compared to control group. Conclusively, in order to detect hidden brain lesions, an additional medical examination may be recommended for JFO veterans.

Key words: simple sensorimotor reaction; posttraumatic stress disorder mild traumatic brain injury; ATO; brain connectivity.

REFERENCES

- Gulyar S, Filimonova N, Makarchuk M, Krivdiuk Yu. Ocular influence of nano-modified fullerene light, 2: Time correlation of the choice and simple sensorimotor reactions that determine blinding compensation of the driver. J US China Med Sci. 2019;16(3):105-15.
- Shtofel D, Kostishyn S, Navrotska K, Zlepko S, Tymchyk S. Reaction parameter and modified sensorimotor reaction method for assessment of functional potential of nervous system. Biomed Inż Elektron. 2018;1 (20):68-78.
- Turken U, Whitfield-Gabrieli S, Bammer R, Baldo JV, Dronkers NF, Gabrieli JDE. Cognitive processing speed and the structure of white matter pathways: Convergent evidence from normal variation and lesion studies. NeuroImage. 2008;42(2):1032-44.
- Ermakov AV. Simple and complex sensomotor reaction for choice when teaching protection against armed attacker. In: Proceedings of the First International Volga Region Conference on Economics, Humanities and Sports (FICEHS 2019). Paris, France: Atlantis Press. 2019:772-4.
- Jurecki RS, Jaśkiewicz M, Guzek M, Lozia Z, Zdanowicz P. Driver's reaction time under emergency braking a car - research in a driving simulator. Eksploat Niezawodn - Maint Reliab. 2012;14(4):295-301.
- ICB-InterConsult Bulgaria Ltd. Social protection of ATO participants and their families in Ukraine: An analytical review and promising measures. J Geogr Polit Soc. 2018;8(1):24-40.
- Loganovsky KN, Zdanevich NA, Gresko MV, Marazziti D, Loganovskaja TK. Neuropsychiatric characteristics of antiterrorist operation combatants in the Donbass (Ukraine). CNS Spectr. 2018;23(2):178-84.
- Kessler RC, Ustun TB. The WHO world mental health surveys: Global perspectives on the epidemiology of mental disorders. Cambridge, England: Cambridge Univ Press. 2008.
- Filimonova N. The computer's express method for the designation of a psychophysiological status of people." In: The 2nd International Sci-Methods Conference Health Culture as an Object of Education. Kyiv, Ukraine. 2000:204-9.
- Pascual-Marqui RD, Michel CM, Lehmann D. Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. Int J Psychophysiol. 1994;18(1):49-65.
- Kulaichev AP. On the informative value of coherence

- analysis in EEG studies. Zh Vyssh Nerv Deiat I P Pavlova. 2009;59(6):766-75.
12. Abbruzzese G, Berardelli A. Sensorimotor integration in movement disorders. Mov Disord. 2003;18(3):231-40.
13. Metzger LJ, Paige SR, Carson MA, Lasko NB, Paulus LA, Pitman RK, et al. PTSD arousal and depression symptoms associated with increased right-sided parietal EEG asymmetry. J Abnorm Psychol. 2004;113(2):324-9.
14. Heller W. The neuropsychology of emotion: Developmental patterns and implications for psychopathology. In: Psychological and biological approaches to emotion. London, England: Psychology Press. 2013:185-230.
15. Heller W, Nitschke JB, Etienne MA, Miller GA. Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety. J Abnorm Psychol. 1997;106(3):376-85.
16. Cook F, Ciorciari J, Varker T, Devilly GJ. Changes in long term neural connectivity following psychological trauma. Clin Neurophysiol. 2009;120(2):309-14.
17. Maia, Pedro D, Kutz JN. Reaction time impairments in decision-making networks as a diagnostic marker for traumatic brain injuries and neurodegenerative diseases. Comput Neurosci. 2017;3(42):323-47.
18. Zhang S, Li C-SR. Functional networks for cognitive control in a stop signal task: independent component analysis. Hum Brain Mapp. 2012;33(1):89-104.
19. Michely J, Volz LJ, Hoffstaedter F, Tittgemeyer M, Eickhoff SB, Fink GR, et al. Network connectivity of motor control in the ageing brain. NeuroImage Clin. 2018;18:443-55.
20. Vadziuk SN, Ratyns'ka OM. Sensorimotor reactions in students of high school age during different types of the weather. Fiziol Zh. 2004;50(1):81-4.

*Матеріал надійшов до
редакції 30.09.2021*