



УДК 612.821.2

doi.org/10.29038/2617-4723-2018-381-96-101

## Вплив нейрофідбек-тренінгу на виконавчі функції в осіб похилого віку

Сергій Бранюк

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна

Адреса для листування: sergiubranek@gmail.com

Отримано: 22.10.18; прийнято до друку: 20.11.18; опубліковано: 26.12.18

**Резюме.** Похилий вік відзначається підвищеним ризиком розвитку малих когнітивних порушень різної етіології. Проблема загострюється після досягнення шістдесятирічного віку, коли в разі ігнорування вона може стрімко перерости в деменції різного генезу й тяжкості, котрі часто супроводжуються емоційними розладами. Із метою покращення когнітивних здібностей використовують різноманітні методи, один із яких – нейрофідбек-тренінг. Існують дослідження, що підтверджують позитивний вплив останнього на когнітивну активність мозку людини при діагностуванні гіперактивності, аутизму, епілепсії, перенесених черепно-мозкових травм та інсультів. Водночас у сучасній літературі недостатньо відомостей щодо ефектів такого тренінгу в похилому віці. Тому мета нашого дослідження – виявити зміни виконавчих функцій після проходження нейрофідбек-тренінгу в осіб похилого віку.

У дослідженні взяли участь 25 жінок віком 60–75 років, із яких сформовано дві групи – експериментальну (12 осіб) й контрольну (13 осіб). Дослідження включало такі етапи: 1 та 3-й – оцінка когнітивних функцій (MoCa), рівня короточасної просторової пам'яті (Corsi), тривоги та депресії (HADS) обстежуваних; 2 етап – нейрофідбек-тренінг, у котрому взяли участь особи лише експериментальної групи.

Відповідно до одержаних результатів, в обстежуваних експериментальної групи після проходження нейрофідбек-тренінгу встановлено значуще покращення зорово-конструктивних навичок, робочої пам'яті, короточасної просторової пам'яті, уваги й концентрації, мовлення. Виявлено зниження рівня тривоги та депресії. У контрольній групі таких змін не простежували.

**Ключові слова:** жінки, похилий вік, когнітивні функції, тривога, депресія, MoCa, Corsi, HADS, малі когнітивні порушення.

## Influence of the Neurofeedback Training on Executive Functions in the Elderly

Sergiy Braniuk

Lesia Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine

Correspondence: sergiubranek@gmail.com

**Abstract.** Old age is characterized by an increased risk of development of small cognitive defects of different etiologies. The problem is getting worse after sixty years, and in case of ignoring, it may suddenly develop into various genesis and severity dementia, often accompanied by emotional disorders. Various methods are used to improve cognitive abilities, one of which is neurofeedback training. Existing studies confirm the positive effect of the neurofeedback training on human brain cognitive activity under conditions of hyperactivity diagnosis, autism, epilepsy, cranio-cerebral trauma and stroke. At the same time, there is very insufficient information about such training effects in old age. Therefore, the purpose of our study was to detect executive functions changes of senile subjects after neurofeedback training.

The study was conducted on 25 females aged 60–75 years, who were divided into two groups – experimental (12 subjects) and control (13 subjects). The study included the stages: Stages 1 and 3 – estimation of cognitive

functions (MCAs), of short-term spatial memory level (Corsi), anxiety and depression (NADS); stage 2 – neurofeedback training, which only the experimental group took part in.

According to the study results, after the neurofeedback training in experimental group a significant improvement of visual-constructive skills, working memory, short-term spatial memory, attention and concentration, speech was observed. Reducing of depression and anxiety level was also shown. No changes of the studied parameters were registered in the control group.

**Keywords:** women, advanced age, cognitive function, anxiety, depression, neurofeedback, small cognitive impairment.

## **Вступ**

Старіння мозку – фізіологічний процес, котрий часто супроводжується розвитком дефіциту когнітивних функцій. Особливо загострюється така проблема в осіб пізньої дорослості (55–80 років). Спочатку з'являються незначні когнітивні розлади, які згодом переростають у деменції різного генезу та тяжкості [1]. На практиці спостерігаємо утруднення концентрації уваги, відповідно плавного перемикавання між різними аспектами роботи, що вимагають актуалізації слідів пам'яті [2]. Поза цим у зв'язку з підвищеними витратами енергії на забезпечення нормальної роботи мозку виникає нестабільний емоційний стан: тривога, роздратованість, депресія. Порушується добовий ритм функціонування цілісного організму та його систем, зокрема центральної нервової системи. Причинами порушень часто є зовнішні фактори різного генезу, а також дистрофічні зміни судин, часто викликані гіпертонічною хворобою та іншими серцево-судинними захворюваннями. Відповідно до даних Keuker [23], скорочується продукування нейромедіаторів і кількості й чутливості рецепторів до них. Поступово виникають структурні зміни, пов'язані з руйнуванням тіл і закінчень нейронів, що передують виникненню хвороби Альцгеймера. Не менш важливою причиною розвитку деменцій є перенесені інсульти [22]. Усі наведені фактори вражають мозок, зокрема передні відділи кори, послаблюючи його контрольні й виконавчі функції [21].

Для відновлення та підтримки когнітивних функцій використовують безліч методів, зокрема фармацевтичну, психологічну терапію, різні види фізичних і розумових навантажень. Одним із перспективних методів є нейрофідбек-тренінг (НФТ). Це нефармакологічний метод лікування з використанням спеціальної апаратури для реєстрації, посилення й «зворотного повернення» пацієнтів фізіологічної інформації [3]. Тренінг покладено в основу когнітивно-поведінкової терапії, та він ґрунтується на принципі навчання. Методика сприяє формуванню емоційної стійкості,

самоконтролю, стресостійкості, дає змогу розвивати навички, за допомогою яких можна долати різні проблемні ситуації [20]. Наявні дослідження засвідчують ефективність НФТ під час лікування різних неврологічних і психіатричних розладів за допомогою зміни амплітуди частотних компонентів ЕЕГ [4; 19; 20]. За деякими даними, ця методика виявилась ефективною при корекції таких патологічних станів, як синдром гіперактивності, аутизм [4], епілепсія [5], перенесені черепно-мозкові травми та інсульти [6,7].

Існують поодинокі експериментальні роботи, предметом вивчення котрих є нейропсихологічні функції та їх зміни в результаті НФТ у здорових літніх людей [12–18]. Варто відзначити, що деякі з них не зареєстрували якихось значимих ефектів [17], тоді як інші виявили збільшення швидкості когнітивної обробки та успішності деяких виконавчих функцій [18]. Такі суперечливі результати, вочевидь, можна пояснити недостатньою кількістю застосованих сеансів або ігноруванням критеріїв, властивих учасникам. Angelakis et al. [18] виконав дослідження, у якому в результаті проведеного НФТ у літніх людей виявлено зростання частотних піків альфа-ритму ЕЕГ у напрямі до рівня молодих людей. Відповідно, на думку автора, це може привести до підвищення продуктивності виконання пізнавальних завдань, покращення в навчанні.

Ураховуючи важливість досягнутих результатів, питання методології та ефективності НФТ під час корекції виконавчих функцій у літніх людей на сьогодні є мало дослідженими.

**Мета досліджень** – розкрити вплив нейрофідбек-тренінгу на показники виконавчих функцій в осіб похилого віку.

## **Матеріали й методи досліджень**

У дослідженні взяли участь 25 жінок (середній вік – 65,8±3,8 років, діапазон – 60–75 років). Під час вибору контингенту враховували такі фактори: стан здоров'я, рівень

освіти та первинної соціалізації, щоденна зайнятість. Усі особи, за фізикальним обстеженням, були практично здоровими, в анамнезі відсутні психічні й неврологічні захворювання. Учасники володіли вищою освітою (15 років навчання). На добу витрачали 1–2 години на спілкування зі знайомими, 2–3 – фізичне й 1–2 години – на розумове навантаження. Усі учасники ознайомилися з процедурою експерименту й дали письмову добровільну згоду на участь в останньому. Ніхто раніше не був задіяним у подібному дослідженні. З учасників сформовано за випадковим принципом дві групи: експериментальну (n=12) (під час тренінгу особи цієї групи мали можливість використовувати НБТ й отримувати реальний ефект від сеансів); контрольну (n=13) (особи цієї групи не брали участі в тренінгу).

Дослідження проходило трьома етапами. Етапи I, III були ідентичними та включали такі тестування, у котрих узяли участь обстежувані обох груп.

Тестування, за Монреальською когнітивною шкалою (MoCA, Montreal Cognitive Assessment), оцінювали когнітивні функції, а саме зорово-конструктивні навички, графічне розпізнання, увагу й концентрацію, мовлення, абстракцію, робочу пам'ять, орієнтацію [8; 9]. Цей тест максимально оцінювався 30 балами, у діапазоні 26–30 балів діагностували нормальні значення показників, 19–25 балів – малі когнітивні порушення різної вираженості, 18 і нижче – деменції різного ступеня тяжкості. Тест тривав 10 хв.

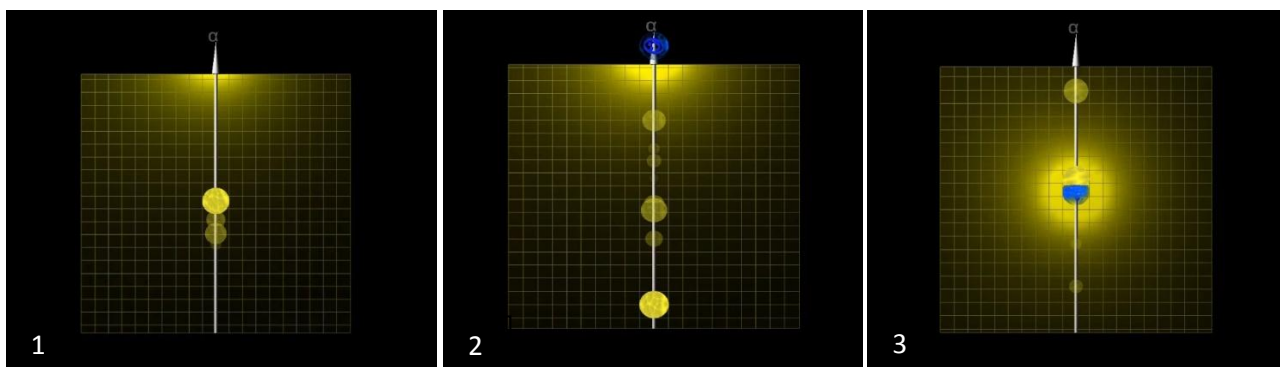
Тестуванням «Corsi» (Corsi blok-tapping task) із батареї тестів «Psychology Experiment Building Language (PEBL)» визначали рівень короткочасної просторової пам'яті [10].

Максимально можливий бал становив 9. Обсяг пам'яті, що оцінювався менше ніж на 5-6 балів, уважали обмеженим. Тест тривав 5 хв.

Тестуванням за Госпітальною школою тривоги й депресії (HADS, Hospital Anxiety and Depression Scale) оцінювали рівень тривоги й депресії [11]. Значення нормували за 21-бальною шкалою, де менше 7 балів відображало нормальний стан, від 8 до 10 – субклінічно виражені тривогу чи депресію, більше 11 – клінічно виражені тривогу чи депресію. Тест тривав 10 хв.

Загалом тривалість як першого, так і третього етапів становила до 25 хв. Часовий інтервал між цими етапами – 7–8 тижнів.

Етап II – візуальний нейрофідбек-тренінг, у котрому брала участь лише експериментальна група. Обстежувані під час тренінгу перебували в положенні напівлежачи, кінцівки розслаблені та не перехрещені, у звуко- й світлонепрониклій кімнаті. Використовували програмно-апаратний комплекс «НейроКом» (НПЦ «ХАІ-Медика») зі створеним у ньому модулем «БЗЗ-тренінг» (біологічний зворотний зв'язок). Тип проби – «БЗЗ 1D», параметри запису й відображення: швидкість – 30 мм/с, чутливість – 100 мкВ/см, параметри біозворотного зв'язку: схема «усереднений загальний CAR» стимуляція альфа-ритму (8–13 Гц) на 30 %, відведення F3–AV. Для всіх осіб експериментальної групи тренінг тривав загалом 15 сеансів. Кожний сеанс складався з п'яти двохвилинних епізодів тренінгу, між якими були однохвилинні перерви. Електроди накладали за міжнародною системою 10/20, у передніх (Fp1, Fp2), латеральних (F3, F4) і центральному (Fz) лобових відведеннях на скальпі голови. Відведення з непарним індексом відповідали лівій півкулі, а з парним –



**Рис. 1.** Відображення активності альфа-ритму ЕЕГ на екрані монітора: 1 – відображення на осі початкової активності (жовта куля – у центрі); 2 – відображення на осі навчання регуляції активності (жовта куля падає й піднімається за умови завдання піднятися до синьої кулі, що вгорі); 3 – відображення утримання на одному рівні активності із заданою ціллю (жовта балансує на рівні синьої кулі).

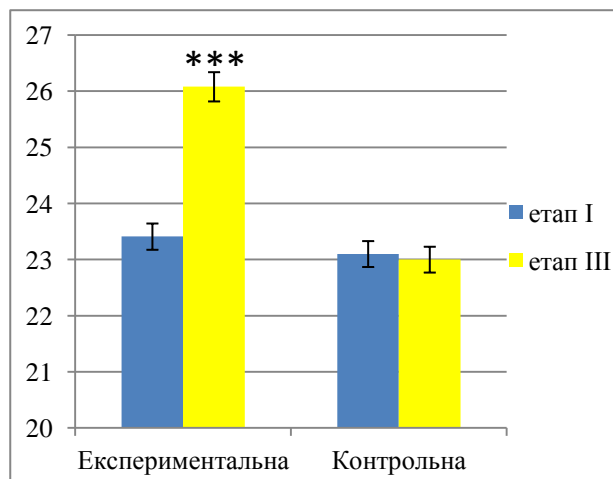
правій. Референтним електродом слугували контакти на мочках вух (A1, A2) та додаткові референтні електроди (Ref) між передніми й латеральними лобовими відведеннями та між правим і лівим передніми лобовими відведеннями (N, nazion). Тривалість тренінгу – 6–8 тижнів із періодичністю 2–3 сеанси на тиждень.

Для реалізації принципу НФТ обстежуваний намагався контролювати положення вибраного об'єкта на моніторі, формуючи свій психоемоційний стан. Завдання тренінгу – утримати жовту кулю на рівні із синьою на вертикальній осі, що вдавалося лише при досягненні стимуляції альфа-ритму ЕЕГ вище ніж на 30 % від початкового (рис. 1).

Для обрахунку числових даних у вибірках розраховували середні значення ( $M$ ), похибку середнього ( $\pm m$ ) й стандартні відхилення ( $\sigma$ ). Значущі відмінності (від  $p \leq 0,05$  -  $\leq 0,001$ ) обчислювали, використовуючи критерій  $t$  Стюдента. Розрахунки й побудову графіків здійснювали в програмі Microsoft Excel Windows 10.

## Результати й обговорення

Зміни когнітивних функцій за тестом МоСА у групах обстежуваних. Під час першого етапу дослідження експериментальна й контрольна групи загалом відзначалися, відповідно,  $23 \pm 0,58$  та  $23,1 \pm 0,69$  сумарними балами за тестом МоСА. Такі результати вказували на наявність помірних когнітивних порушень у всіх обстежуваних за цим тестуванням. Під час третього етапу в експериментальній групі сумарна кількість балів порівняно зросла до  $26,08 \pm 0,38$  бала ( $p < 0,001$ ), чого не спостерігали в осіб контрольної групи –  $23,41 \pm 0,7$  бала (рис. 2).



**Рис. 2.** Сумарна кількість балів за результатами тесту «МоСА» під час першого й третього етапів експерименту в групах обстежуваних

**Примітка.** \*\*\* – значуща відмінність показників на різних етапах обстеження,  $p < 0,001$ .

У рамках такого тестування в експериментальній групі фіксували збільшення зорово-конструктивних навичок і рівня робочої пам'яті ( $p < 0,01$ ), уваги й концентрації, мовлення ( $p < 0,05$ ) (табл. 1).

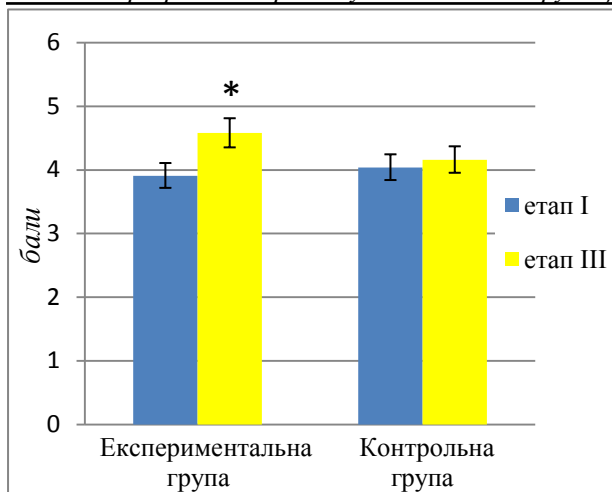
Зміни оперативної просторової пам'яті за тестуванням «Corsi» у групах обстежуваних. В експериментальній групі піз час третього етапу виявлено збільшення показників до  $4,58 \pm 0,15$  бала порівняно з першим етапом ( $3,91 \pm 0,23$  бала,  $p \leq 0,05$ ). Отже, ефективність ко-роткотривалої просторової пам'яті в обстежуваних експериментальної групи під час третього етапу показала деяке наближення до норми (5–6 балів). У контрольній групі зміни були незначимі (рис. 3).

Таблиця 1

### Результати тесту «МоСА» експериментальної й контрольної груп

Шкали/тест	Група експериментальна (n=12)		Група контрольна (n=13)	
	етап I	етап III	етап I	етап III
Зорово-конструктивні навички	$2,91 \pm 0,24$	$4,25 \pm 0,29^{**}$	$3 \pm 0,28$	$3,16 \pm 0,28$
Графічне розпізнання	$2,91 \pm 0,08$	$3 \pm 0,1$	$2,91 \pm 0,08$	$2,91 \pm 0,08$
Робоча пам'ять	$3,08 \pm 0,31$	$4,41 \pm 0,19^{**}$	$3,36 \pm 0,31$	$3,16 \pm 0,3$
Увага й концентрація	$3,58 \pm 0,14$	$4 \pm 0,08^*$	$3,12 \pm 0,14$	$3,48 \pm 0,16$
Мовлення	$1,5 \pm 0,19$	$2,25 \pm 0,21^*$	$1,8 \pm 0,19$	$1,76 \pm 0,2$
Абстракція	$1,91 \pm 0,08$	$2 \pm 0,09$	$1,91 \pm 0,08$	$1,83 \pm 0,08$
Орієнтація	$5,91 \pm 0,08$	$6 \pm 0,11$	$5,91 \pm 0,08$	$6 \pm 0,11$

**Примітки.** Значуща відмінність показників на різних етапах обстеження: \*\*  $p < 0,01$ , \* -  $p < 0,05$ .



**Рис. 3.** Сумарна кількість балів за результатами тесту «Corsi» під час першого і третього етапів експерименту в групах обстежуваних.

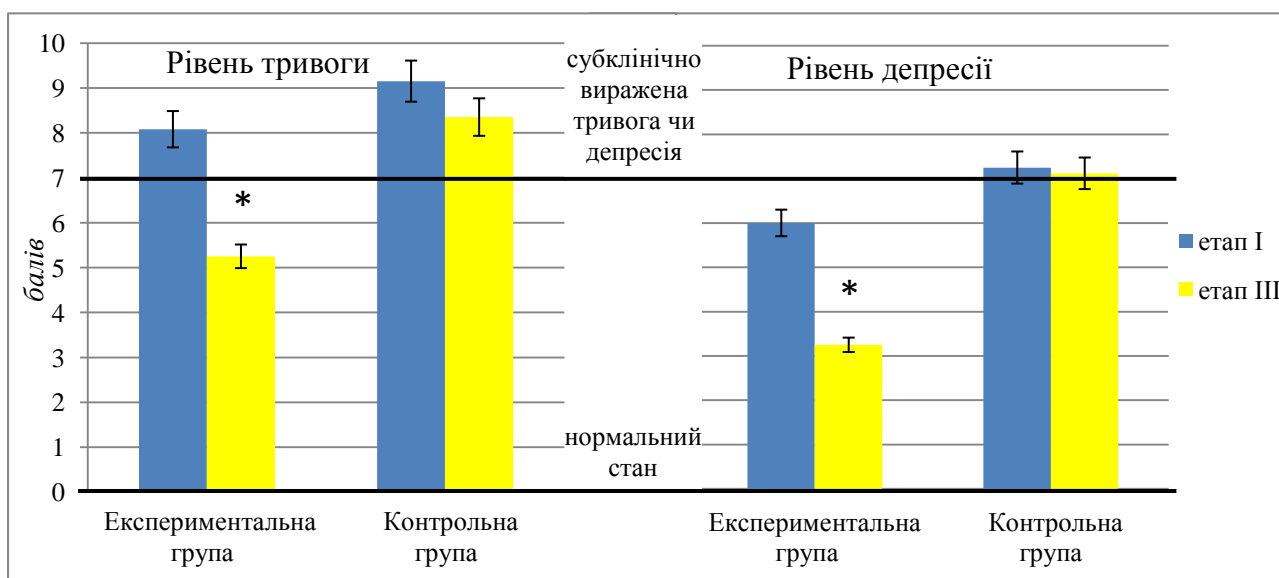
**Примітка.** \* – значуща відмінність показників на різних етапах обстеження,  $p < 0,05$ .

Зміни показників тривоги й депресії, виявлено за Госпітальною шкалою тривоги та депресії в групах обстежуваних. Під час першого етапу дослідження обстежувані експериментальної групи мали рівень тривоги –  $8,08 \pm 0,61$  й депресії –  $6 \pm 0,94$  бала. В осіб контрольної групи рівень тривоги становив  $9,15 \pm 0,82$  та депресії –  $7,25 \pm 0,94$  бала. Відповідно до градації такої шкали у двох групах встановлено субклінічно виражену тривогу та верхню межу норми депресії. Під час третього етапу в осіб експериментальної групи спостерігали зменшення показників

тривоги (до  $5,25 \pm 0,63$  бала) й депресії (до  $3,25 \pm 0,66$  бала) ( $p \leq 0,05$ ). У контрольній групі також простежували деяку динаміку. Хоча значимих змін не встановлено щодо як тривоги ( $8,35 \pm 0,66$  бала), так і депресії (до  $7,12 \pm 0,87$  бала) (рис. 4).

Отже, результати нашого дослідження свідчать про покращення просторової короткочасної та оперативної пам'яті й підвищення уваги з концентрацією. Покращуються конструктивні навички та мовлення, що свідчить про підвищений рівень контролю й підтверджує розширення роботи оперативної пам'яті. Крім того, відзначається зниження тривоги та депресії, очевидно, пов'язане зі стимуляцією системи винагороди, при досягненні позитивного результату під час навчання. За даними [19], такий ефект може бути досягнутий за рахунок більшої активації зон мозку, відповідальних за хороші емоції. З іншого боку, відсутність значимих змін в осіб контрольної групи може свідчити, що в умовах нашого експерименту саме нейрофідбек-тренінг сповідував корекцію зазначених виконавчих функцій осіб експериментальної групи.

Варто відзначити, що, відповідно до проведеного опитування наприкінці тренінгу, більшість осіб відзначала покращення самопочуття. Це проявлялося в більшій урівноваженості, поліпшенні сну в осіб із нерегулярним сном, що виражалось у швидкому висипанні, кращій концентрації під час виконання завдань та при запам'ятовуванні нової інформації.



**Рис. 4.** Сумарна кількість балів рівнів тривоги й депресій за результатами Госпітальної шкали тривоги та депресії під час першого й третього етапів експерименту в групах обстежуваних

**Примітка.** \* – значуща відмінність показників на різних етапах обстеження,  $p < 0,05$ .

## Висновок

Відповідно до одержаних результатів, в обстежуваних експериментальної групи після проходження нейрофідбек-тренінгу встановлено значуще покращення зорово-конструктивних навичок, робочої пам'яті, короткочасної просторової пам'яті, уваги й концентрації, мовлення. Виявлено зниження рівня тривоги та депресії. У контрольній групі таких змін не простежували.

## Література

1. Busse, A.; Bischof, J.; Riedel-Heller, S. G., & Angermeyer, M. C. Mild cognitive impairment: prevalence and predictive validity according to current approaches. *Acta Neurol Scand*, 2003; 108(2); 71–81.
2. Hoyer, W. J.; & Verhaeghen, P. Memory aging. In: J. E. Birren & K. W. Schaie; (Eds.), *Handbook of the psychology of aging*, Amsterdam: Academic Press, 6th edition, 2006, 209–232.
3. Daly, J. J.; Wolpaw, J. R.; Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation. *Lancet Neurol*; 2008, 7(11), 1032–1043.
4. Coben, R.; Linden, M.; Myers, T. E.; Neurofeedback for autistic spectrum disorder: a review of the literature. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*; 2010, 35, 83–105.
5. Serman, M. B.; Egner, T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*; 2006, 31, 21–35.
6. Thornton, K. E.; Carmody, D. P. Efficacy of traumatic brain injury rehabilitation: Interventions of qEEG-guided biofeedback, computers, strategies, and medications. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*; 2008, 33(2), 101–124.
7. Kober, S. E.; Schweiger, D.; Witte, M.; Reichert, J. L.; Grieshofer, P. *Specific effects of EEG based neurofeedback training on memory functions in post-stroke victims*, 2015.
8. Міщенко, Т. С.; Шестопалова, Л. Ф.; Тріщинська, М. А. *Клінічні шкали і психодіагностичні тести у діагностиці судинних захворювань головного мозку*. Метод. рек; Харків, 2008. 36 с.
9. Безруков, В. В.; Бачинська, Н. Ю.; Холін, В. О.; Демченко, О. В.; Полетаєва, К. М.; Шулькевич, А. А. *Синдром помірних когнітивних порушень при старінні*: Метод. рек; Київ, 2007, 32 с.
10. Mueller, S. T.; Piper, B. J. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. *J Neurosci Methods*; 2015.
11. Zigmond, A. S.; Snaith, R. P. The hospital anxiety and depression scale. *Psychiatrica Scandinavica*; 1983, Vol, 67(6). 361–370. Lecomte; G.;

and Juhel, J. The effects of neurofeedback training on memory performance in elderly subjects. *Psychology*; 2011, 02, 846–852.

12. Luijmes, R. E.; Pouwels, S.; and Boonman, J. The effectiveness of neurofeedback on cognitive functioning in patients with Alzheimer's disease: preliminary results. *Neurophysiol. Clin*; 2016, 46, 179–187.

13. Reis, J.; Portugal, A. M.; Fernandes, L.; Afonso, N.; Pereira, M.; Sousa, N., et al. An alpha and theta intensive and short neurofeedback protocol for healthy aging working-memory training. *Front. Aging Neurosci*; 2016, 8:157.

14. Surmeli, T.; Eralp, E.; Mustafazade, I.; Kos, H.; Özer, G. E.; and Surmeli, O. H. Quantitative EEG neurometric analysis-guided neurofeedback treatment in dementia 20 cases: How neurometric analysis is important for the treatment of dementia and as a biomarker? *Clin. EEG Neurosci*; 2016, 47, 118–133.

15. Wang, J. R.; and Hsieh, S. Neurofeedback training improves attention and working memory performance. *Clin. Neurophysiol*; 2013, 124, 2406–2420.

16. Staufenbiel, S. M.; Brouwer, A. M.; Keizer, A. W.; VanWouwe, N. C. Effect of beta and gamma Neurofeedback on memory and intelligence in the elderly. *Biol. Psychol*; 2014, 95, 74–85.

17. Angelakis, E.; Stathopoulou, S.; Frymiare, J. L.; Green, D. L.; Lubar, J. L.; Kounios, J. EEG neurofeedback: a brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly. *Clin. Neuropsychol*; 2006, 21, 110–129.

18. David, E. J.; Linden, H.; Habes, I.; Stephen, J. Johnston; Linden, S.; Tatineni, R.; Subramanian, L.; Sorger, B.; Healy, D.; Goebel, R. Real-Time Self-Regulation of Emotion Networks in Patients with Depression. *PLoS ONE*; 2012, 7(6) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038115>

19. Sitaram, R.; Ros, T.; Stoeckel, L.; Haller, S.; Scharnowski, F.; Lewis-Peacock, J.; Weiskopf, N.; Bledari, M.; Rana, M.; Oblak, E.; Birbaumer, N.; Sulzer, J. Closed-loop brain training: The science of neurofeedback. *Nature reviews Neuroscience*; 2016

21. Pascual-Leone, A.; Freitas, C.; Oberman, L.; Horvath, J. C.; Halko, M.; Eldaief, M.; Bashir, S.; Vernet, M.; Shafi, M.; Westover, B.; Vahabzadeh-Hagh, A. M.; Rotenberg, A. Characterizing Brain Cortical Plasticity and Network Dynamics Across the Age-Span in Health and Disease with TMS-EEG and TMS-fMRI. *Brain Topogr*; 2011, 24(3–4), 302–315.

22. Rao R. The role of carotid stenosis in vascular cognitive impairment. *Eur. Neurol*; 2001, 46, p. 30–34

23. Keuer, J.; Luiten, P.; Fuchs, E. Preservation of hippocampal neuron numbers in aged rhesus monkeys *Neurobiol. Aging*; 2003, vol 24, №1, 157–165.