

ТРАНСКРАНІАЛЬНА СТИМУЛЯЦІЯ МОЗКУ. ОСНОВНІ ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТА

*Бабич А. Є., студ. (гр. БМ-72, ФБМІ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Демчук Г. В., доц. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Анотація. У статті розглянуто питання безпеки транскраніальної стимуляції мозку та обмеження щодо параметрів терапії. Наведенні основні показання та протипоказання до транскраніальної стимуляції.

Ключові слова: транскраніальна стимуляція, електричний струм, мозок, безпечність.

Abstract. The article considers the safety of transcranial brain stimulation and restrictions on the parameters of therapy. The main indications and contraindications to transcranial stimulation are given.

Keywords: transcranial electric stimulation, current, brain, safety.

Вступ. Використання підходів до стимулювання мозку в соціальній та афективній науці значно зросло за останні два десятиліття. Інтерес до соціальних факторів зріс разом із технологічним прогресом у дослідженні мозку. Транскраніальна електрична стимуляція (ТЕС) – це інструмент дослідження, який дозволяє вченим встановити причинно-наслідковий зв'язок між функціонуванням мозку та соціальною поведінкою, що поглиблює вивчення розуму людини. Попередні результати досліджень також демонструють, що ТЕС, як окремо, так і в поєднанні з фармакологічними або поведінковими впливами, може полегшити симптоматику осіб з афективними або соціальними когнітивними розладами [1]. Однак цей метод досі недостатньо вивчений при тривалому впливі на мозок людини і може призвести до неочікуваних наслідків. Необхідно чітко регулювати дію електричної стимуляції згідно показань про проведення терапії, дотримуюсь рекомендацій як у медичних, так і у домашніх умовах.

Мета. Ця робота має на меті розгляд основних проблем і наслідків впливу електричного струму на мозок людини.

Методики, матеріали і результати досліджень. Транскраніальна електростимуляція (ТЕС) використовує постійний (англ. TDCS) або змінний струм (англ. TACS) для модуляції мозкової діяльності. Більшість досліджень ТЕС застосовують струми низької інтенсивності через електроди на шкірі голови (≤ 2 мА) з використанням біполярних компонентів електродів, що створюють слабкі електричні поля в мозку (< 1 В/м) [2].

ТЕС має багато переваг у галузі соціальної та афективної нейронауки. Метод порівняно недорогий, безпечний, безболісний та портативний, його можна легко використовувати згідно завдання або під час взаємодії з іншими суб'єктами, і його легко застосовувати. Крім того, ТЕС не генерує ніяких акустичних шумів і, отже, дозволяє реалізувати фіктивний стан. Однак ці переваги вони не повинні спокушати дослідника припускати, що ця методика

не містить недоліків або проблем. Незважаючи на те, що нанесення двох або більше електродів на шкіру голови в більшості випадків є простим завданням, спостерігати за надійним ефектом може бути не настільки просто, оскільки, на кінцевий результат застосування ТЕС впливає широкий діапазон змінних.

Експериментальні конструкції повинні базуватися на ретельному підборі особливостей протоколу стимуляції як функції конкретних гіпотез та дослідницьких питань. Серед цих особливостей особливу актуальність мають полярність електричного струму (анодний проти катодного), тривалість стимуляції (в режимі онлайн або офлайн), кіркова мішень та її локалізація, залежність від стану та ознак щодо нейрофізіологічного стану мозку у даного суб'єкта під час стимуляції та психофізіологічні відмінності між суб'єктами[1].

Огляд побічних ефектів, пов'язаних з tDCS, протягом понад 33 200 сеансів та 1000 осіб повідомив, що жодних серйозних побічних ефектів (важких або медично значущих подій) не зафіксовано під час використання tDCS. Рідко повідомлялося про помірні побічні ефекти, такі як печіння шкіри через поганий контакт електрод-шкіра, а про помірні побічні ефекти, такі як подразнення шкіри, головні болі та втома, часто повідомляється, але спостерігаються як при активній, так і при штучній стимуляції.

При використанні ТЕС у дослідницьких або клінічних умовах зазвичай вживаються запобіжні заходи, щоб запобігти серйозним або помірним побічним ефектам:

- тривалість (<60 хв);
- інтенсивність (<4 мА) стимуляції;
- розмір та розміщення електродів.

Останні ретельно підбираються, щоб уникнути підвищення температури під електродами, щоб запобігти опіку шкіри та обмежити будь-яке подразнення. Шкіру очищують спиртом або м'яко абразивним скрабом для видалення бруду або жирів, які можуть зменшити провідність і посилити відчуття.

З відносно мінімальними витратами, пов'язаними з придбанням стимулюючого пристрою (всього лише 500 фунтів стерлінгів), а також простотою виготовлення пристрою за допомогою готових компонентів, ТЕС все частіше можуть застосовуватись початківцями або любителями стимулювання мозку «зроби сам» (DIY). Параметри стимуляції можуть не дотримуватися вказівок з техніки безпеки, а місця локалізації стимуляції можуть бути помилково ідентифіковані, що може впливати на інші когнітивні процеси, окрім тих, що були передбачені [3].

Для застереження користувачів в офіційному журналі Американської Нейрологічної Асоціації було опубліковане відкрите письмо, яке пояснює можливі небезпеки, пов'язані з використанням ТЕС у домашніх умовах.

1. Стимуляція впливає більше на мозок, ніж вважає користувач. Струмові потоки між електродами можуть впливати на функцію різних структур на їх шляху. Вплив tDCS може поширюватися і за межі стимульованих областей мозку до пов'язаних областей мозку та нейронних мереж. Ці ефекти можуть непередбачено змінювати функції мозку.

2. Стимуляція взаємодіє з постійною мозковою діяльністю, тому те, що робить користувач під час tDCS, змінює ефекти tDCS. Стимуляція під час читання книги, медитації, зорової фіксації точки, перегляду телевізора, арифметики, сну або гри у відеоігри – все це може спричинити різні зміни в мозку. Навіть активність, що спостерігається до tDCS або часу доби tDCS, може змінити ефекти стимуляції. Час доби, найбільш придатного для стимуляції мозку, на даний момент точно не визначено.

3. Посилення одних когнітивних здібностей може відбуватися за рахунок інших. Нейронні мережі взаємодіють між собою, тому стимулювання однієї області мозку може покращити здатність виконувати одне завдання, але шкодить здатності виконувати інше. Наприклад, tDCS може підвищити швидкість засвоєння нового матеріалу, але ціною обробки вивченого матеріалу, і навпаки, залежно від місця стимулювання.

4. Зміни в мозковій діяльності (передбачувані чи ні) можуть тривати довше, ніж може думати користувач. Пластичність мозку – це постійний процес, який частково зумовлений самою нервовою діяльністю, тому зміни, розпочаті під час стимуляції, можуть зберігатись і бути тривалими. Повідомляється про когнітивні покращення (а також про паралельні компроміси) через 6 місяців після стимуляції, які залишаються у після цього строку, але те ж саме стосується і ризиків після стимуляції.

5. Незначні зміни в настройках tDCS, включаючи амплітуду струму, тривалість стимуляції та електродне розміщення може викликати суттєві та несподівані ефекти. Наприклад, від збільшення амплітуди стимуляції з 1 мА до 2 мА або збільшення тривалості з 10 до 20 хвилин очікують подвоєння ефекту, але насправді це може змінити ефект і спричинити протилежні зміни в роботі мозку. Подібним чином незначні відмінності при розміщенні електрода можуть спричинити різкі зміни у формі струмового шляху, а отже, і різні нейрофізіологічні ефекти [4].

Протипоказання до ТЕС терапії [5]:

- Судомні стани, епілепсія;
- Травми і пухлини головного мозку, інфекційні ураження центральної нервової системи;
- Гіпертонічна хвороба III стадії, гіпертонічний криз;
- Гідроцефалія;
- Гострі психічні розлади;
- Тиреотоксикоз;
- Миготлива аритмія;
- Наявність ушкоджень шкіри в місцях накладання електродів;
- Наявність вживлених кардіостимуляторів;
- Вік до 5 років.

Показання до проведення ТЕС-терапії [5]

Показання	Ефекти	Методика
1	2	3
Для практично здорових людей	– Покращення самопочуття, настрою. – Усунення стомлюваності і підвищення працездатності. – Стрес-лімітуючий ефект, підвищення адаптаційних можливостей організму. – Нормалізація сну. – Зниження тривожності.	Повний курс – до 10 сеансів, 1 сеанс в день або через день по 30 хвилин. Струм до 1,5 мА. Повторний курс – через 3-4 місяці. Можливо багаторазове проведення процедур протягом року короткими курсами по 3-4 процедури, але не більше 50 процедур в рік.
Для підвищення імунітету	– Корекція порушень імунітету при екстремальних фізичних, психічних навантаженнях. – Профілактика ГРВІ (предепідемічний та постдромальний періоди).	Курс – до 12 сеансів, 1 сеанс через день, тривалість - 30 хвилин. Струм – до 1,5 мА. Повторний курс – через 4-6 місяців.
При больових синдромах в неврології та інших областях медицини	– Болі в хребті, радикуліти. – Болі при деформуючих артрозах. – Невралгії різного походження. – Больові синдроми при ударах і побутових травмах. – Післяопераційні болі. – Болі в м'язах, фіброміалгії. – Головні болі, мігрень. – Болі в області обличчя, (запалення трійчастого нерва). – Зубний біль і глосалгія	При гострих больових синдромах: курс – 5-6 сеансів, 2-3 рази на день, тривалість – 30 хвилин з інтервалом 4-6 годин. Струм – до 1,5 мА. При хронічних больових синдромах: курс – 10-12 сеансів, 1 раз в день або через день, тривалість – 30 хвилин. Струм до 1,5 мА. Повторний курс – через 1-2 місяці.

1	2	3
У психотерапії	– Неврологічні, психосоматичні розлади, що супроводжуються депресивними і неврозоподібними станами. – Синдром «хронічної втоми», тривожність, синдром «непокоїх ніг». – Прояви стресу різного ступеня та інтенсивності, посттравматичного стресу в тому числі – у осіб, постраждалих в масових катастрофах, у їх родичів, а також у рятувальників. – Військово-професійна, шкільна-дошкільна дезадаптація. – Заїкання.	Курс 10-12 сеансів, 1 раз в день або через день, тривалість – 30 хвилин. Струм – до 1,5 мА. Повторний курс – через 3-4 місяці.
У спортивній медицині	– Підвищення ефективності тренувань, переносимості пікових навантажень. – Прискорення реабілітації після спортивних травм. – Больові синдроми, викликані підвищеними фізичними навантаженнями.	Курс – 10-12 сеансів, 1 раз в день, тривалість – 30 хвилин. Струм – до 1,5 мА. Повторний курс – за показаннями.
У наркології	– Похмільний синдром і його наслідки. – Постабстинентний синдром – Патологічний потяг до вживання алкоголю, тютюнопаління. – Алкогольні порушення функцій печінки.	Курс – 15 сеансів, 1 раз в день, тривалість – 30 хвилин. Струм - до 1,5 мА. Повторний курс – за показаннями (за часом може бути максимально наблизений до проведеного).

Висновки. Було проаналізовано результати останніх досліджень впливу ТЕС-терапії на людину та можливих наслідків її застосування. Транскраніальна терапія є дієвим і перспективним методом лікування. Електрична стимуляція струмом підвищує когнітивні функції, має знеболюючу, психотерапевтичну дію та інші переваги. При лікуванні ТЕС-терапією необхідно дотримуватись регламентованих обмежень тривалості, інтенсивності та локалізації дії струму. На даний момент немає чітко встановлених параметрів для безпечного застосування ТЕС, при чому ці параметри можуть відрізнятись на індивідуальному рівні. Доступність на ринку транскраніальних стимуляторів, обумовлена позитивними результатами досліджень впливу на людину, несе в собі ризики неправильного застосування ТЕС-терапії користувачами. Зважаючи на можливі ризики взаємодії електричного струму з небажаними областями мозку та зміни функціональних властивостей, зростає необхідність у проведенні подальших досліджень впливу електричного струму на мозок. При чому, невідомо які наслідки будуть спостерігатись при тривалому застосуванні приладів для електростимуляції мозку.

Література

1. Galli G. Transcranial electric stimulation as a neural interface to gain insight on human brain functions: current knowledge and future perspective / G. Galli, C. Miniussi, M. Pellicciari. // Social Cognitive and Affective Neuroscience. – 2020. URL: <https://academic.oup.com/scan/advance-article/doi/10.1093/scan/nsaa099/5881210>.
2. Karabanov A. Can Transcranial Electrical Stimulation Localize Brain Function? [Електронний ресурс] / A. Karabanov, G. Saturnino, A. Thielscher // Front. Psychol.. – 2019. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00213/full>.
3. Reed T. Transcranial electrical stimulation (tES) mechanisms and its effects on cortical excitability and connectivity [Електронний ресурс] / T. Reed, R. Kadosh // J Inherit Metab Dis.. – 2018. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6326965/#CR2>.
4. Rachel Wurzman PhD. An open letter concerning do-it-yourself users of transcranial direct current stimulation / Rachel Wurzman PhD, Roy H. Hamilton MD. // Annals of Neurology. – 2016. – №80. – С. 1–4.
5. Метод ТЕС-терапія. Показання та протипоказання [Електронний ресурс] // ТЕС-центр. URL: http://tescenter.ru/o_tes_terapii/pokazaniya.html.