

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Подгорна Анастасія Дмитрівна

капітан м/с, начальник психіатричного відділення
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Ковальчук Олег Васильович

капітан м/с, старший ординатор психіатричного відділення
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Жук Сергій Петрович

капітан м/с, ординатор психіатричного відділення
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Гаврищук Богдан Григорович

лейтенант м/с, невролог терапевтичного відділення
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Золоторьов Павло Валерійович

працівник ЗСУ, лікар-психіатр психіатричного відділення
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Науковий керівник: Комаровський Максим Сергійович

майор м/с, заступник начальника госпіталю
з медичної частини – начальник медичної частини
Старокостянтинівський військовий госпіталь, Україна

Актуальність. Біоелектрична активність (БЕА) мозку – електрична активність його нервових клітин, пов'язана із процесом їх збудження. В її основі лежить потенціал дії (ПД) нейронів. Одним з найважливіших методів реєстрації БЕА, а отже – функціонального стану головного мозку, є електроенцефалографія (ЕЕГ). З її допомогою можна проаналізувати із мілісекундною роздільною здатністю найменші зміни у функціонуванні кори та глибинних структур мозку, а також їх реакцію на подразники.

Для військової психіатрії та неврології в умовах воєнного стану ЕЕГ представляє виняткову цінність по декількох причинах. З одного боку, в структурі захворюваності велику частку почали займати пароксизмальні розлади, починаючи від флешбеків при ПТСР та закінчуючи судомним синдромом після перенесених ЧМТ та інших екзогенних чинників. Їх потрібно належним чином діагностувати, в тому числі – диференціювати епілептичні напади від неепілептичних: від цього залежить адекватне лікування [1]. Із цією метою необхідно дослідити особливості БЕА, що можна зробити лише з допомогою ЕЕГ. Деякі епілептичні напади, наприклад – фокальні без порушення усвідомлення, тільки за клінікою взагалі неможливо відрізнити від тиків, або дисоціативно-конверсійних порушень; те ж саме слід сказати про психотичні стани та сутінкові потьмарення свідомості, які етіопатогенетично можуть бути як епілептичними постконтузійними, так і реактивними. Більше того, в умовах бойових дій, на відміну від побуту, екзогенії, ті ж травми, як правило коморбідні з вкрай важкими психогеніями, тому розрізнити, який саме з чинників є провідним та призвів до нервово-психічного розладу, можна лише ретельно

дослідивши функціональний стан ЦНС. Післятравматична епілепсія може тривалий час бути прихованою, та проявитися у вигляді нападів через декілька років, на цьому етапі діагностувати її можна також лише з допомогою ЕЕГ.

З іншого боку, ЕЕГ уможливорює належне дослідження когнітивних функцій та інших властивостей вищих нервових процесів, а таким чином – оцінку реабілітаційного потенціалу на вищих рівнях медико-психологічної допомоги та психоневрологічної реабілітації [2]. Перевагами ЕЕГ є практично повна відсутність протипоказань, можливість її проведення в умовах потьмареної свідомості та, що немаловажливо у воєнних умовах – обмеженої площі приміщення та ресурсів закладу (відносно таких методів як КТ та МРТ).

Основним медичним документом стосовно ЕЕГ є клініко-електроенцефалографічне заключення, написане згідно визначених вимог. Існує так звана електроенцефалографічна семіотика, що встановлює відповідність між змінами БЕА, які спостерігаються на ЕЕГ, і термінами, що їх визначають, а також цими термінами і анатомічними, фізіологічними та клінічними уявленнями [3]. Терміни можуть бути описовими – характеризувати кількісні і якісні зміни активності, та інтерпретаційними – надавати їм нейрофізіологічне або клінічне значення. Звіт по ЕЕГ повинен бути не лише повним та об'єктивним, але й складеним таким загальноприйнятим чином, щоб будь-який інший спеціаліст міг зробити висновок щодо нормальності чи ступеню аномальності запису по одному опису, без необхідності переглядати вихідну ЕЕГ.

Мета роботи полягає у систематизації основних характеристик БЕА головного мозку та узагальненні їх взаємозв'язку з клінічною практикою. Обізнаність із теоретичними основами ЕЕГ серед лікарів психоневрологічного профілю дасть змогу більш широко застосовувати даний метод обстеження, у тому числі у військовій медицині.

Матеріали і методи. Проведено огляд та аналіз медичної літератури та електронних джерел інформації.

Основні результати. БЕА мозку – результат часової та просторової сумачії елементарних процесів у нервових клітинах, а саме – їх збудження у відповідь на подразники. В основі збудження лежить ПД – електрофізіологічний процес, за якого відбуваються швидкі коливання мембранного потенціалу нейронів (рис. 1). Роль ПД в нервовій системі – передача сигналів між нервовими клітинами, центрами та робочими органами, тобто він є фізіологічною основою нервового імпульсу.

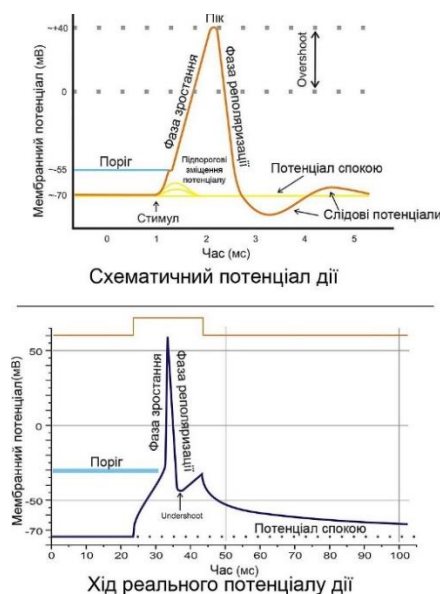


Рис. 1. Схематичне зображення ідеалізованого ПД (зверху) та реальний вигляд зареєстрованого ПД пірамідного нейрону гіпокампа щура

Зміни різниці ПД нейрона між двома електродами, що відображаються на ЕЕГ, називаються хвилями [4]. Послідовність хвиль позначається таким важливим описовим терміном як активність. Тип електричної активності, для якого притаманна регулярність, тобто – постійна частота, що відповідає визначеному стану мозку та пов'язаний з окресленими церебральними механізмами, називається ритмом (інтерпретаційний термін, до поняття активності не завжди синонімічний) [5]. Ритмічна активність однакової морфології – мономорфна.

Оскільки БЕА – складний коливальний хвильовий процес, основними її характеристиками, на які відповідно опирається опис ЕЕГ, є частота, фаза й амплітуда.

Частота – кількість періодичних процесів, у випадку ЕЕГ – хвиль, що повторюються за 1 секунду. Виражається частота в герцах (Гц), іноді з метою зручності – коливаннях за секунду (рис. 2). Як правило, частоти вказують в розподілі не менше 0,5 Гц. На кожній ділянці ЕЕГ зустрічаються хвилі різних частот, тому вибирають декілька (не менше ніж 4–5) відрізків тривалістю в 1 секунду, а потім розраховують середню частоту.

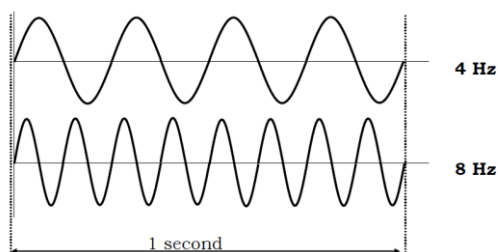


Рис. 2. Ілюстрація БЕА різних частот (за О. Мікареллі, 2019 [6])

Історично на основі нецифрового («ручного») аналізу ЕЕГ вибрано 4 основних фізіологічних частотних діапазони (ритми), зображені на рис. 3: δ -ритм (дельта-ритм) від 0,3 до < 4 Гц, θ -ритм (тета-ритм) від 4 до < 8 Гц, α -ритм (альфа-ритм) від 8 до < 13 Гц, β -ритм (бета-ритм) від 13 до < 30 Гц (за різними авторами верхня межа в 30–40 Гц) [7, 8]. Перші 2 ритми називають повільними, другі 2 – швидкими. Цей поділ в значній мірі умовний, тому що можлива активність в межах декількох діапазонів (3–5 Гц тощо).

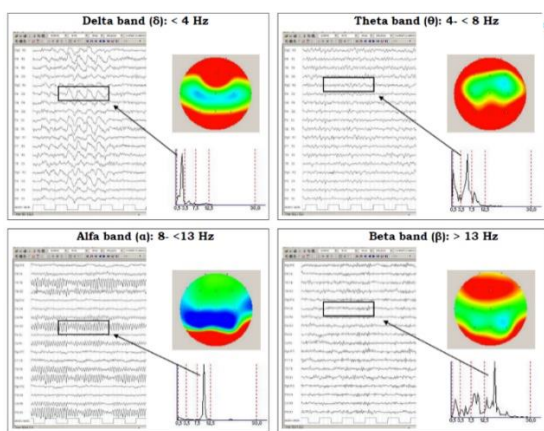


Рис. 3. Основні фізіологічні частотні ритми (за О. Мікареллі, 2019 [6])

Існує також γ -ритм (гамма-ритм) – фактично, β -ритм з верхнім діапазоном понад 30 Гц (за різними авторами від 30–40 Гц до 70–500 Гц), а також інші діапазони, що

поки становлять в більшій мірі теоретичний інтерес. За частотою вони перекривають вищенаведені ритми, але вибрані, оскільки виникають при інших, особливих, фізіологічних станах – к-ритм (каппа-ритм), λ -ритм (лямбда-ритм), μ -ритм (мю-ритм), σ -ритм (сигма-ритм), τ -ритм (тау-ритм), V-хвилі (вертексні гострі хвилі) та так званий нюховий ритм.

Фаза – кількісна характеристика коливання, що визначає відмінність між 2 подібними коливаннями, які починаються в різні моменти часу. Фаза визначає поточний стан процесу і вказує напрямку вектору його змін.

Графічно фаза для хвилі відображається в залежності від її відношення до базової (горизонтальної) лінії (рис. 4). Розрізняють наступні види хвиль: 1) монофазні – одне відхилення вгору або вниз; 2) двофазні – дві складові на протилежних сторонах горизонталі; 3) поліфазні – більше 2-х різноспрямованих компонентів (у тому числі – трифазні), у вужчому розумінні це послідовність α - і повільної (частіше δ -хвилі).

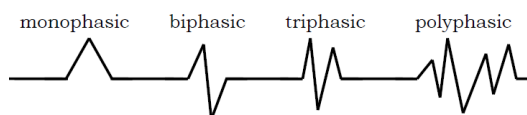


Рис. 4. Моно-, дво-, трьох- та поліфазне коливання (за О. Мікареллі, 2019 [6])

III. Амплітуда – максимальна відстань коливань ПД, величина напруги хвиль ЕЕГ. Виражається в мікровольтах (мкВ, μV): $1 \text{ мкВ} = 10^{-6} \text{ В}$. Вимірюється вертикально від піка попередньої хвилі до піка наступної в іншій фазі (рис. 5, 6). Описуючи ЕЕГ вибирають, найхарактерніші максимальні значення амплітуди при монополярному відведенні, крім так званих «вистрибуючих» (поодиноких різких підвищень) – їх описують як особливі транзиторні події.

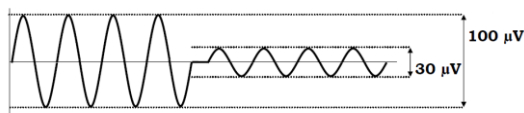


Рис. 5. Ілюстрація БЕА різної амплітуди (за О. Мікареллі, 2019 [6])



Рис. 6. Схема вимірювання амплітуди (за Л. Р. Зенковим, 2004 [3])

Дещо адаптувавши класифікацію Л. Н. Неробкової, можна виділити наступні ступені вираженості амплітуди БЕА: 1) $< 10 \text{ мкВ}$ – різко знижена; 2) $10\text{-}19 \text{ мкВ}$ – помірно знижена; 3) $20\text{-}39 \text{ мкВ}$ – легко знижена; 4) $40\text{-}49 \text{ мкВ}$ – середня (нормальна); 5) $50\text{-}69 \text{ мкВ}$ – легко підвищена; $70\text{-}79 \text{ мкВ}$ – помірно підвищена; $> 80 \text{ мкВ}$ – різко підвищена.

Додаткове клінічне значення має стабільна асиметрія амплітуди із дзеркального відображення двох ділянок голови.

Висновки і пропозиції. Основними характеристика БЕА, на які спирається опис ЕЕГ, є частота, фаза й амплітуда.

Поглиблення знань щодо біофізичних, фізіологічних та патофізіологічних основ БЕА дасть змогу більш широко застосовувати такий цінний метод обстеження як ЕЕГ, у тому числі у військовій медицині.

Список використаних джерел:

1. Стеблюк В. В., Проноза-Стеблюк К. В. Мнестично-когнітивні та соматопсихічні наслідки бойового легкого травматичного ушкодження головного мозку (контузії). Постконтузійний синдром. *Охорона ментального здоров'я та медико-психологічна реабілітація військовослужбовців в умовах гібридної війни: теорія і практика* : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Київ, 2021. С. 207–222.
2. Друзь О. В., Стеблюк В. В., Швець А. В., Проноза-Стеблюк К. В. Система медико-психологічної допомоги військовослужбовцям Збройних сил України. *Охорона ментального здоров'я та медико-психологічна реабілітація військовослужбовців в умовах гібридної війни: теорія і практика* : монографія / за заг. ред. В. І. Цимбалюка. Київ, 2021. С. 56–62.
3. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) : руководство для врачей. Москва : МЕДпресс-информ, 2004. 368 с.
4. Літовченко Т. А., Сухонослова О. Ю. Основы электроэнцефалографии для неврологов. Электроэнцефалография при эпилепсии та інших захворюваннях нервової системи у дорослих та дітей : навч. посіб. Харків : Харківська медична академія післядипломної освіти, 2019. 176 с.
5. Ритмы ЭЭГ : веб-сайт. URL: <http://cmi.to/ритмы-ээг/> (дата звернення 23.07.2023).
6. Normal Awake EEG Patterns : веб-сайт. URL: [https://www.sinc-italia.it/FCKFiles/Mecarelli_Normal_awake_EEG_patterns\(1\).pdf](https://www.sinc-italia.it/FCKFiles/Mecarelli_Normal_awake_EEG_patterns(1).pdf) (дата звернення 25.07.2023).
7. Чернінський А. О., Крижановський С. А., Зима І. Г. Электрофизиология головного мозга людини : методичні рекомендації до практикуму / ред. В. С. Мартинюк. Київ : Видавець В. С. Мартинюк, 2011. 49 с.
8. Семиотика клинической электроэнцефалографии : веб-сайт. URL: <http://mks.ru/library/books/eeg/kniga01/maneeg-gl2.html> (дата звернення 24.07.2023).
9. Амплитуда ЭЭГ : веб-сайт. URL: <https://cmi.to/амплитуда/> (дата звернення 25.07.2023).