УДК 616.831-073.97
DOI 10.17721/1728_2748.2020.82.42-47

Л. Березовчук, канд. біол. наук, М. Макарчук, д-р біол. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ВПЛИВ ФОТОСТИМУЛЯЦІЇ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ

У дослідженні встановлено, що під час застосування проби з фотостимуляцією, як за наявності феномена відтворення ритму світлових миготінь, так і за його відсутності, мозок проявляє виражену реакцію, що підтверджується значними змінами сумарної потужності біоелектричного сигналу в півкулях головного мозку (ГМ). За відсутності реакції засвоєння ритму світлових миготінь у обстежуваних у більшості випадків спостерігається зниження сумарної потужності сигналу в півкулях ГМ. За наявності реакції засвоєння ритму світлових миготінь, коли на ЕЕГ візуально спостерігаються коливання, що збігаються із частотою стимулу, сумарна потужність сигналу в півкулях ГМ може підвищуватись і знижуватись. Найбільше підвищення потужності сигналу окремих ритмів під час фотостимуляції не завжди спостерігається на частоті стимуляції. Результати дослідження дають підстави припустити, що феномен відтворення мозком ритму світлових миготінь, який спостерігається на ЕЕГ під час фотостимуляції, та зменшення чи збільшення сумарної потужності біоелектричного сигналу в півкулях ГМ, є різними фізіологічними явищами. Це може означати, що відсутність реакції засвоєння ритму світлових миготінь під час фотостимуляції є більш фізіологічною відповіддю мозку на подразник, ніж наявність такої реакції. Такий висновок дає підстави вважати, що наявність засвоєння ритму світлових миготінь на будь-якій із частот під час проведення проби з фотостимуляцією, а тим більше, наявність другої та третьої гармонік, є показником зниження функціонального стану ГМ або проявом певної патології мозку. Указаний підхід до оцінювання проби з фотостимуляцією корелює з результатами проби "з відкриванням очей", яка також застосовується для визначення реактивності ГМ людини.

Ключові слова: електроенцефалограма, фотостимуляція, сумарна потужність біоелектричного сигналу, функціональний стан мозку.

Вступ. Фотостимуляція є однією із загальноприйнятих функціональних проб, яку застосовують для визначення реактивності головного мозку людини. Із цією метою обстежуваним із закритими очима пред'являють спалахи світла високої інтенсивності (0,3 Дж) з різною частотою [1–4]. За наявності або відсутності реакції засвоєння ритму світлових миготінь роблять висновок про нормальну, знижену або підвищену реактивність головного мозку. У цьому разі не всі результати фотостимуляції та їхнє оцінювання є зрозумілими.

Так, у більшості обстежуваних за проведення фотостимуляції феномен засвоєння ритму світлових миготінь відсутній. У деяких обстежуваних при такому подразненні зорового аналізатора і навіть закритих очах (як вимагають умови проведення проби з фотостимуляцією) може спостерігатися запаморочення, нудота і навіть надмірне подразнення структур ГМ, що може призвести до епілептичного нападу у людей із наявністю чи схильністю до епілепсії. Водночас, наприклад, у людей, які страждають на печінкову енцефалопатію, засвоєння ритму світлових миготінь спостерігається на високій частоті стимуляції (9 Гц) [5, 6], не дивлячись на виражені загальні фізіологічні зміни в організмі, пов'язані з цирозом печінки.

Таким чином, відсутність кореляції між загальним функціональним станом організму людини та проявом реактивності його ГМ за проведення фотостимуляції стало приводом для детальнішого вивчення впливу фотостимуляції на функціональний стан ГМ людини та правильність його оцінки [7, 8].

Метою роботи було виявлення особливостей впливу фотостимуляції на функціональний стан ГМ людини та закономірностей реагування мозку на дію світлового подразника.

Об'єкт та методи дослідження. Було обстежено 81 пацієнті (52 чоловіків та 29 жінок) віком від 20 до 70 років (середній вік 41 рік). Усім обстежуваним запис ЕЕГ за допомогою 16-канального електроенцефалографа "NeuroCom standart" (ХАІ-Медика, Україна), відповідно до міжнародної системи запису "10-20". Під час дослідження пацієнти перебували в темному екранованому приміщенні у сидячому положенні із закритими очима. Обстежуваним проводили запис фонової активності впродовж 1 хв та фотостимуляцію із частотою світлових спалахів 3, 6, 9, 12 і 15 Гц. У 10 пацієнтів, які мали вкрай протилежні результати – повну відсутність феномена засвоєння ритму світлових миготінь (5 обстежуваних), та феномен засвоєння ритму світлових миготінь на всіх частотах (5 обстежуваних), було детально проаналізовано зміни сумарної потужності біоелектричного сигналу: F2(бета+альфа+тета+дельта) + F4(бета+…) + F8(бета+…) + T4(бета+…) + T6(бета+…) + C4(бета+…) + P4(бета+…) + O2(бета+…) правої та лівої півкуль ГМ, а також зміни сумарної потужності кожного з ритмів: бета(F2+F4+F8+T4+T6+C4+P4+O2), альфа(F2+...+O2), тета(F2+...+O2), дельта(F2+...+O2) у правій та лівій півкулях ГМ на всіх частотах стимуляції. Час фотостимуляції на кожній із частот становив 7,5 с, міжстимуляційний інтервал також становив 7,5 с. Епоха аналізу 7,5 с. Інтегральні показники: сумарна потужність сигналу всієї півкулі та сумарна потужність кожного з ритмів правої і лівої півкуль ГМ, були використані з метою визначення функціонального стану ГМ як цілісної структури.

Результати та їх обговорення. Результати проведеного дослідження свідчать про те, що у більшості обстежуваних при проведенні проби з фотостимуляцією феномен відтворення ритму світлових миготінь або реакція засвоєння ритму світлових миготінь відсутня. Із загальної кількості обстежуваних (81 особа) реакція засвоєння ритму світлових миготінь була відсутня у 44 осіб (54 %). У 5 обстежуваних (6 %) спостерігалося засвоєння ритму світлових миготінь на всіх частотах, у 12 обстежуваних (15 %) відбувалося засвоєння ритму світлових миготінь на двох частотах і у 20 обстежуваних (25 %) спостерігалося засвоєння ритму на одній із частот.

У 10 обстежуваних, які складали дві групи: 5 осіб із відсутністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь і 5 осіб із наявністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь на всіх частотах, проведено аналіз змін сумарних потужностей біоелектричного сигналу правої та лівої півкуль ГМ, та аналіз змін сумарних потужностей кожного з ритмів правої та лівої півкуль ГМ на всіх частотах стимуляції. Результати проведеного аналізу такі.

1) У групі обстежуваних із відсутністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь при проведенні фотостимуляції в більшості випадків спостерігалося зниження сумарної потужності біоелектричного сиг-

© Березовчук Л., Макарчук М., 2020

налу у правій та лівій півкулях ГМ. На рис. 1 зображено епізод проби з фотостимуляцією на частотах 3 Гц та 6 Гц у обстежуваного С.

З табл. 1 видно, що в обстежуваного С за проведення проби з фотостимуляцією на всіх частотах стимуляції спостерігається зниження сумарної потужності біоелектричного сигналу у правій та лівій півкулях ГМ. І тільки в одному випадку, на частоті стимуляції 15 Гц, спостерігається збільшення сумарної потужності біоелектричного сигналу у правій півкулі ГМ. Зменшення сумарної потужності біоелектричного сигналу при проведенні фотостимуляції спостерігається і у інших 4 обстежуваних цієї групи. Із 50 можливих результатів (5 обстежуваних, 5 стимулів, 2 півкулі) тільки у 7 випадках у обстежуваних спостерігалося підвищення сумарної потужності сигналу то в лівій, то в правій півкулях ГМ на різних частотах стимуляції.

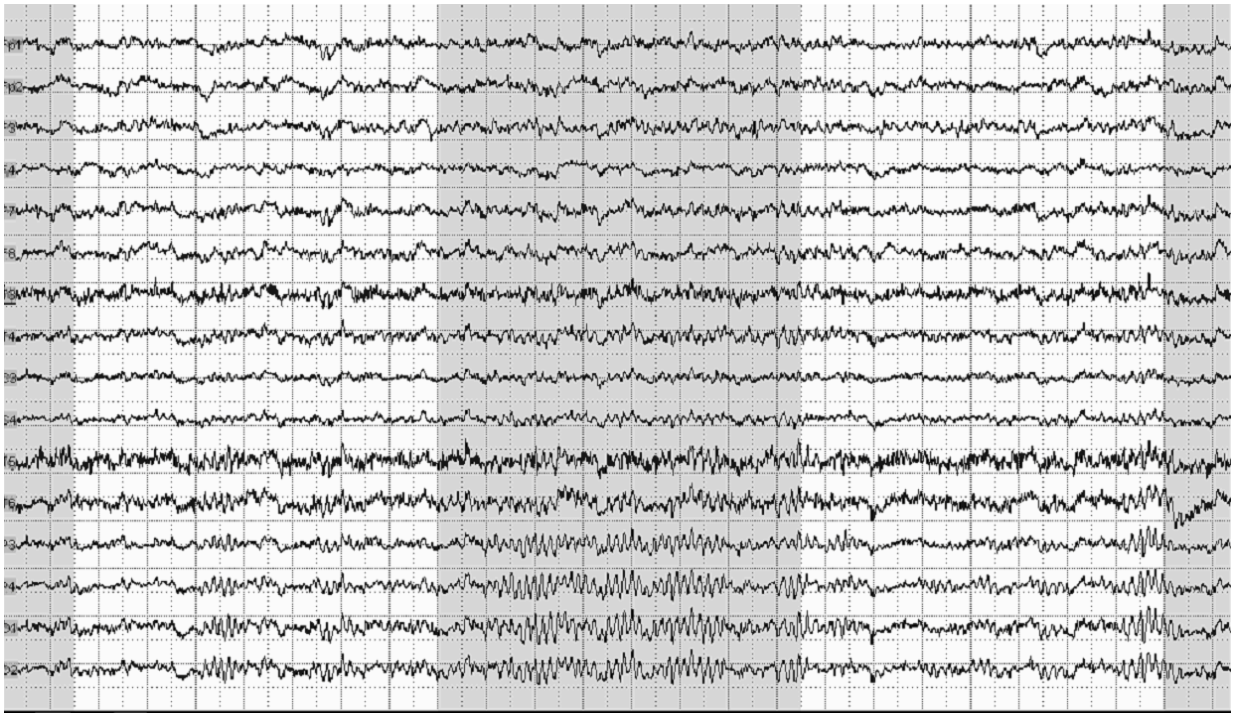

Рис. 1. Обстежуваний С, 52 роки. Епізод фотостимуляції частотами 3 Гц та 6 Гц. Засвоєння ритму відсутнє

Примітка: світлі проміжки запису ЕЕГ відповідають періодам стимуляції світлом частотою 3Гц та 6 Гц.

***Таблиця* 1. Зміни сумарної потужності сигналу правої та лівої півкуль ГМ і сумарної потужності кожного з ритмів правої та лівої півкуль ГМ під час фотостимуляції частотами 3 Гц, 6, 9, 12 та 15 Гц у обстежуваного С**

Частота стимулу	Σ потужність сигналу всієї півкулі, мкВ^2		Σ потужність ß-ритму всієї півкулі, мкВ^2		Σ потужність α-ритму всієї півкулі, мкВ^2		Σ потужність Θ-ритму всієї півкулі, мкВ^2		Σ потужність Δ-ритму всієї півкулі, мкВ^2	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Фон	**7688**	**6570**	**703**	**523**	**2129**	**2474**	**644**	**635**	**4201**	**2927**
3 Гц	4547 (0,59)	4449 (0,67)	715 (1,02)	446 (0,85)	1008 **(0,47)**	1066 **(0,43)**	541 (0,84)	556 (0,87)	2271 (0,54)	2365 (0,81)
6 Гц	3541 **(0,46)**	3940 **(0,59)**	653 (0,93)	479 (0,91)	664 **(0,31)**	807 **(0,32)**	546 (0,85)	508 (0,80)	1665 (0,39)	2097 (0,72)
9 Гц	5120 (0,67)	5707 (0,86)	788 (1,12)	518 (0,99)	2153 (1,01)	2353 (0,95)	667 (1,04)	640 (1,0)	2139 **(0,57)**	2179 **(0,74)**
12 Гц	5449 (0,71)	5115 (0,78)	683 (0,97)	490 (0,93)	1703 (0,79)	1786 (0,72)	508 (0,78)	401 (0,63)	2590 **(0,61)**	2201 **(0,75)**
15 Гц	6880 (0,89)	7662 (1,17)	816 (1,16)	574 (1,10)	2725 (1,28)	3044 (1,23)	852 (1,32)	811 (1,27)	2474 **(0,58)**	3221 (1,1)

Примітки: S – ліва півкуля, D – права півкуля. Значення в дужках – відсоток, який становить потужність біоелектричного сигналу під час фотостимуляції щодо фонового значення. Значення, виділені жирним шрифтом – значення найбільшого зниження потужності сигналу на кожній із частот стимуляції.

Зазначимо, що сумарна потужність біоелектричного сигналу в півкулях під дією фотостимуляції може знижуватись у 2, 3 і навіть у 4 рази. Це свідчить про те, що мозок людини, навіть при закритих очах, відповідає вираженою реакцією на такий подразник, як спалахи світла інтенсивністю 0,3 Дж.

В обстежуваних із відсутністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь зміни сумарної потужності біоелектричного сигналу кожного з ритмів у правій та лівій півкулях ГМ були такі. У обстежуваного С при фотостимуляції частотою 9, 12 та 15 Гц найбільше зниження потужності біоелектричного сигналу спостеріга-

лося в діапазоні дельта-ритму, при фотостимуляції частотою 3 та 6 Гц – найбільше зниження потужності біоелектричного сигналу було в діапазоні альфа-ритму. Така ж тенденція реагування на фототсимуляцію спостерігалася і в інших 4 обстежуваних цієї групи. Це дає нам підстави вважати, що при формуванні загальної реакції мозку на фотостимуляцію у людей із відсутністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь головну роль відіграють низькочастотні ритми, а саме, дельта-ритм. Періодично, на перше місце виходить альфа-ритм.

2) У групі обстежуваних із наявністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь на всіх частотах, зміни сумарної потужності основних ритмів у правій та лівій півкулях ГМ були іншими. У двох обстежуваних спостерігалася загальна тенденція до підвищення сумарної потужності біоелектричного сигналу в півкулях ГМ. У двох обстежуваних сумарна потужність біоелектричного сигналу і збільшувалась, і зменшувалась. У одного обстежуваного спостерігалося виражене зниження сумарної потужності біоелектричного сигналу в півкулях ГМ на всіх частотах стимуляції. У цьому разі сумарна потужність біоелектричного сигналу в півкулях ГМ у такої групи обстежуваних під дією фотостимуляції підвищувалась або знижувалась у кілька разів (від 2 до 3,8).

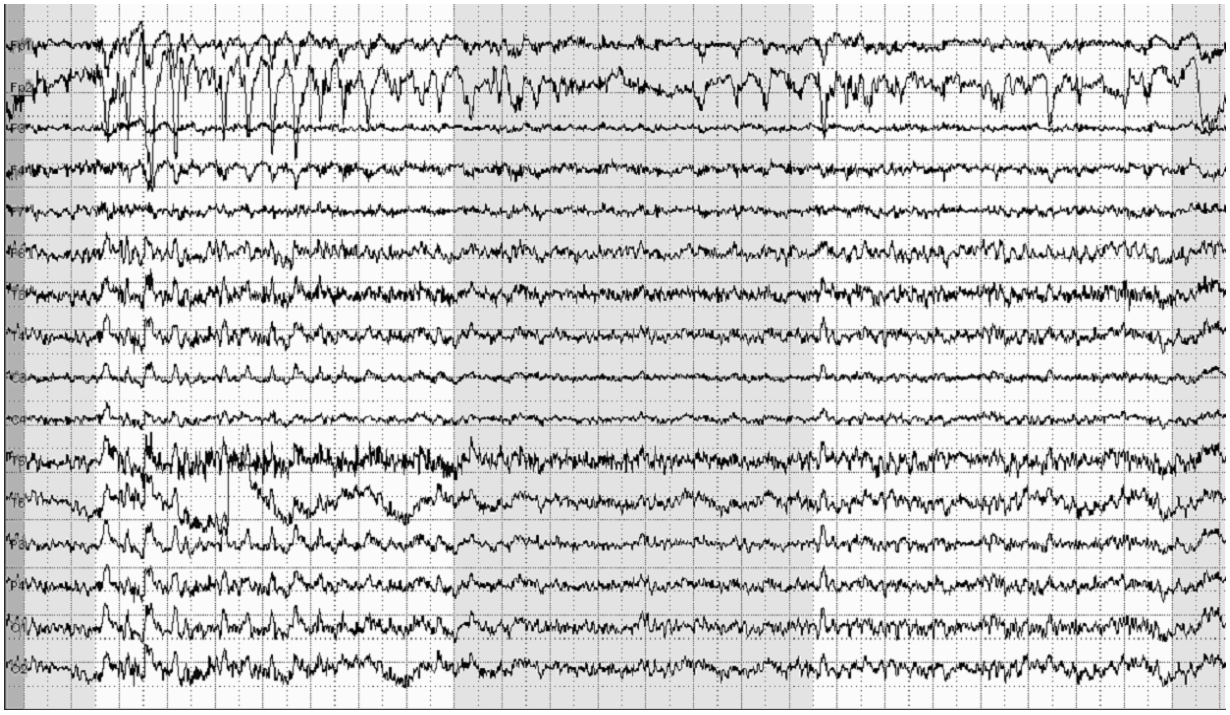

Рис. 2. Обстежувана К, 36 років. Епізод фотостимуляції частотами 3 та 6 Гц. Засвоєння ритму спостерігається на всіх частотах

Примітки такі самі, як на рис. 1.

***Таблиця* 2. Зміни сумарної потужності сигналу правої та лівої півкуль головного мозку та сумарної потужності кожного з ритмів правої та лівої півкуль у обстежуваної К при фотостимуляції**

Частота стимулу	Σ потужність сигналу всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність ß-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність α-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Θ-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Δ-ритму всієї півкулі, мкВ²	
	S	D	S	D	S	D	S	D	S	D
Фон	**4876**	**4639**	**1113**	**1204**	**617**	**892**	**732**	**742**	**2399**	**1791**
3 Гц	7343 (1,5)	7546 (1,6)	**2829 (2,5)**	**2696 (2,2)**	1083 (1,7)	1475 (1,6)	1696 (2,3)	1449 (1,9)	2725 (1,1)	1870 (1,0)
6 Гц	10044 (2,1)	11607 (2,5)	2982 (2,6)	3030 (2,5)	1972 **(3,1)**	3715 **(4,1)**	2423 (3,3)	2275 (3,0)	2654 (1,1)	2575 (1,4)
9 Гц	9589 **(2,5)**	12165 **(2,6)**	3535 (3,1)	3850 (3,2)	3641 **(5,9)**	5136 **(5,7)**	830 (1,1)	1248 (1,7)	1570 (0,65)	1918 (1,1)
12 Гц	10649 (2,1)	10072 (2,1)	3256 (2,9)	3067 (2,5)	4184 **(6,7)**	3599 **(4,0)**	1754 (2,3)	1675 (2,2)	1444 (0,6)	1718 (0,95)
15 Гц	6922 (1,5)	7099 (1,5)	3195 **(2,8)**	2642 **(2,2)**	932 (1,5)	1298 (1,4)	498 (0,68)	654 (0,88)	2288 (0,95)	2389 (1,3)

Примітки такі самі, як у табл. 1.

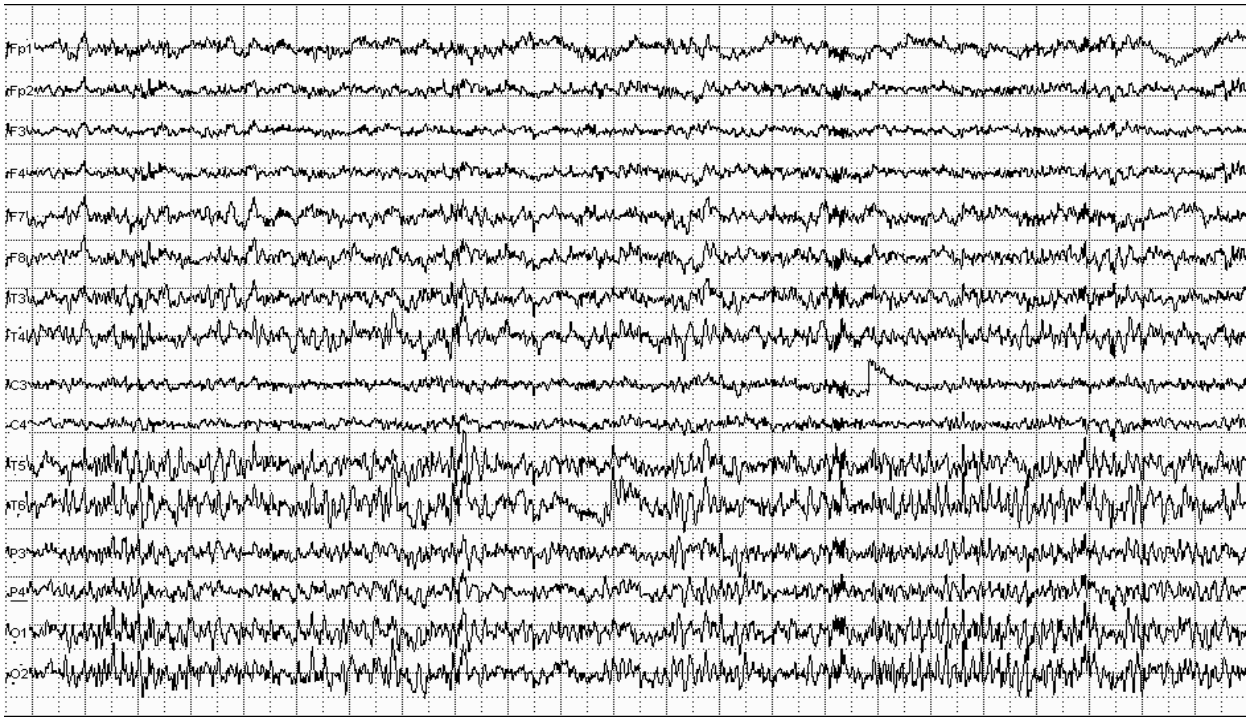

Рис. 3. Обстежувана А. Епізод фотостимуляції на частотах 3 та 6 Гц. Засвоєння ритму спостерігається на всіх частотах

***Таблиця* 3. Зміни сумарної потужності сигналу правої та лівої півкуль головного мозку і сумарної потужності сигналу кожного з ритмів правої та лівої півкуль головного мозку обстежуваної А при фотостимуляції**

Частота стимулу	Σ потужність сигналу всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність ß-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність α-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Θ-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Δ-ритму всієї півкулі, мкВ²	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Фон	**7165**	**8221**	**1087**	**1308**	**2616**	**3970**	**1210**	**1355**	**2247**	**1566**
3 Гц	8035 (1,12)	7561 (0,92)	1569 (1,44)	1197 (0,92)	1706 (0,65)	1535 (0,38)	730 (0,60)	1103 (0,81)	**3501 (1,49)**	3715 **(2,37)**
6 Гц	8035 (1,12)	9491 (1,15)	1350 (1,24)	1743 (1,33)	1556 (0,59)	2221 (0,56)	3155 **(2,6)**	3348 **(2,47)**	1962 (0,87)	2169 (1,38)
9 Гц	**8304 (1,15)**	**9367 (1,14)**	1725 **(1,59)**	2340 **(1,79)**	2605 (0,99)	3237 (0,82)	1356 (1,12)	2089 (1,54)	2514 (1,12)	1690 (1,08)
12 Гц	8137 (1,13)	8364 (1,02)	1597 (1,47)	1644 (1,26)	2438 (0,93)	3053 (0,77)	895 (0,73)	1258 (0,19)	3197 **(1,42)**	2396 **(1,51)**
15 Гц	8053 (1,12)	9155 (1,11)	2068 (1,89)	1952 (1,49)	2021 (0,77)	1817 (0,46)	2181 **(1,8)**	2860 **(2,11)**	1774 (0,34)	2517 (1,61)

Примітки такі самі, як у табл. 1.

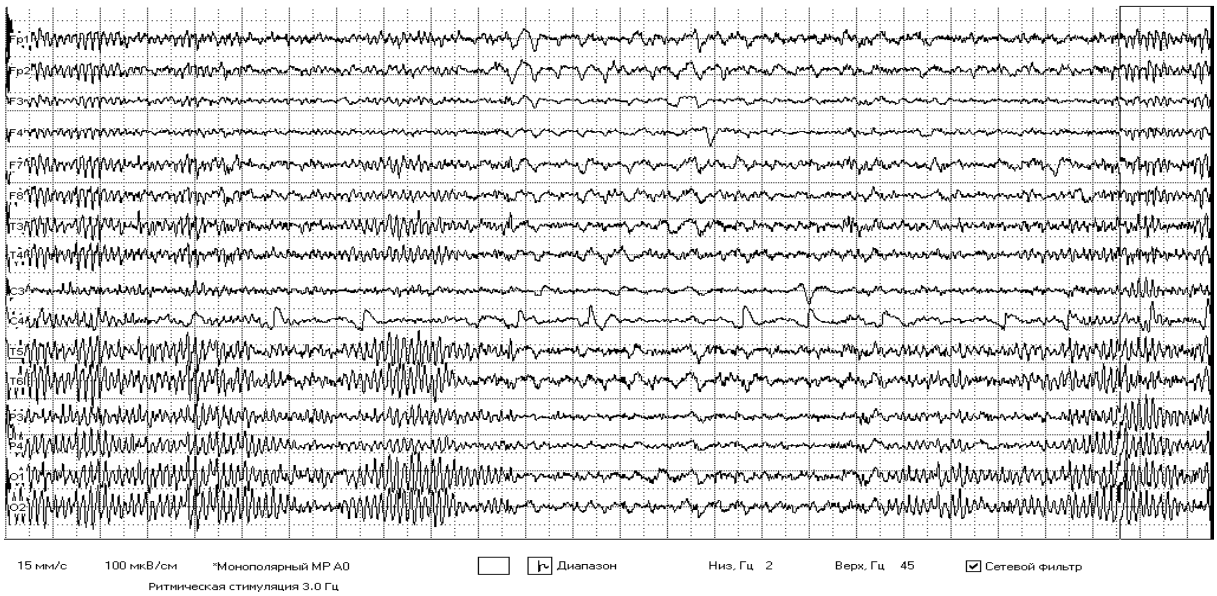

Рис. 4. Обстежувана В, 55 років. Епізод фотостимуляції на частоті 3 Гц. Засвоєння ритму спостерігається на всіх частотах

***Таблиця* 4. Зміни сумарної потужності сигналу правої та лівої півкуль головного мозку і сумарної потужності сигналу кожного з ритмів правої та лівої півкуль головного мозку обстежуваної В при фотостимуляції**

Частота стимулу	Σ потужність сигналу всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність ß-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність α-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Θ-ритму всієї півкулі, мкВ²		Σ потужність Δ-ритму всієї півкулі, мкВ²	
	D	S	D	S	D	S	D	S	D	S
Фон	**5590**	**11184**	**963**	**767**	**3517**	**3441**	**411**	**458**	**686**	**888**
3 Гц	2998 (0,54)	4261 (0,38)	358 (0,37)	329 (0,42)	616 (0,17)	453 (0,13)	760 (1,85)	1039 (2,27)	1480 **(2,15)**	2429 **(2,75)**
6 Гц	2681 (0,48)	3029 **(0,27)**	698 (0,72)	433 (0,57)	734 (0,21)	410 (0,12)	713 **(1,73)**	977 **(2,13)**	528 (0,76)	1198 (1,39)
9 Гц	4377 (0.78)	4826 (0,43)	480 (0,49**)**	956 **(1,24)**	2029 (0,57)	2381 (0,69)	380 (0,92)	434 (0,94)	487 (0,71)	1143 (1,18)
12 Гц	3089 (0,55)	4480 (0,40)	780 (0,81)	501 (0,65)	1353 (0,38)	2341 (0,68)	393 (0,95)	543 (1,19)	550 (0,8)	1077 **(1,22)**
15 Гц	3533 (0,63)	2899 **(0,26)**	1153 **(1,19)**	912 **(1,19)**	884 (0,25)	832 (0,24)	329 (0,8)	381 (0,83)	329 (0,48)	762 (0,31)

Примітки такі самі, як у табл. 1.

Приклади ЕЕГ обстежуваних із наявністю феномена засвоєнням ритму світлових миготінь зображено на рис. 2, рис. 3, рис. 4. Аналіз змін сумарних потужностей основних ритмів ЕЕГ під час проведення фотостимуляції представлено в табл. 2, табл. 3, табл. 4.

Результати аналізу змін сумарної потужності **кожного з ритмів** правої та лівої півкуль ГМ у групі з наявністю феномена засвоєння ритму світлових миготінь на всіх частотах такі.

У обстежуваних із загальною тенденцією до збільшення сумарної потужності окремих ритмів під час фотостимуляції найбільше підвищення потужності сигналу спостерігалося в діапазоні альфа- і бета-ритмів і відповідало частотам стимуляції: 9, 12 і 15 Гц (табл. 2). На частотах стимуляції 3 та 6 Гц найбільше підвищення потужності сигналу спостерігалося також у діапазоні бета- і альфа-ритмів відповідно, що не збігалося з частотою стимуляції (табл. 2).

У обстежуваного з наявністю і збільшення, і зменшення сумарної потужності окремих ритмів біоелектричного сигналу під час фотостимуляції найбільше підвищення сигналу спостерігалося на частотах 3 та 6 Гц і відповідало частоті стимуляції (табл. 3). На частотах стимуляції 9, 12 та 15 Гц найбільше підвищення потужності біоелектричного сигналу було на частотах бета-, дельта- і тета-ритмів відповідно, що не збігалося із частотою стимуляції (табл. 3).

У обстежуваного із загальною тенденцією до зниження сумарної потужності окремих ритмів біоелектричного сигналу під час фотостимуляції найбільше підвищення сумарної потужності ритмів спостерігалося на частотах 3, 6 та 15 Гц і збігалося із частотою стимуляції (табл. 4). На частотах стимуляції 9 та 12 Гц найбільше підвищення сумарної потужності ритмів спостерігалося на частотах бета-ритму у лівій півкулі ГМ та на частотах тета- і дельта-ритмів у лівій півкулі ГМ мозку і не відповідало частоті стимуляції.

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать про те, що між відтворенням ГМ частоти світлових миготінь і підвищенням, і зниженням потужності як сумарного біоелектричного сигналу, так і потужності сигналу окремих ритмів, не існує чіткої залежності [8].

Висновки. Підсумовуючи результати проведеного дослідження, доходимо висновків:

- під час проведення фотостимуляції і за наявності, і за відсутності реакції засвоєння ритму світлових миготінь мозок людини проявляє виражену реакцію, що підтверджується значними змінами сумарної потужності сигналу в півкулях ГМ;
- за відсутності реакції засвоєння ритму світлових миготінь у обстежуваних в більшості випадків спостерігається зниження сумарної потужності сигналу в півкулях ГМ;
- за наявності реакції засвоєння ритму світлових миготінь, коли на ЕЕГ візуально спостерігаються коливання, які відповідають частоті стимулу, сумарна потужність сигналу в півкулях може і підвищуватись, і знижуватись;
- найбільше підвищення потужності сигналу окремих ритмів під час фотостимуляції не завжди спостерігається на частоті стимуляції.

Указані дані дають підстави висловити припущення: відтворення мозком частоти світлових спалахів, що візуально спостерігається на ЕЕГ, та підвищення або зниження потужності сигналу окремих ритмів при фотостимуляції – це різні фізіологічні явища.

І, враховуючи той факт, що у більшості людей за фотостимуляції засвоєння ритму світлових миготінь відсутнє (54 % загальної кількості обстежуваних), можна припустити, що відсутність реакції засвоєння ритму світлових миготінь під час фотостимуляції є більш фізіологічною реакцією мозку, ніж її наявність.

Логічним буде такий висновок: наявність засвоєння ритму під час фотостимуляції на будь-якій із частот, а тим більше, наявність другої та третьої гармонік, є показником загального зниження функціональних можливостей ГМ чи проявом певної патології (слабкості) мозку.

Цей висновок, на наш погляд, має найважливіше значення, оскільки приводить до необхідності перегляду оцінювання результатів проби з фотостимуляцією. На сьогодні наявність реакції засвоєння ритму за фотостимуляції розцінюється як нормальна фізіологічна реакція мозку на подразнення. Однак результати проведеного дослідження свідчать про те, що сама по собі фотостимуляція є потужним, не фізіологічним (не адекватним) подразником, вплив якого нормальний мозок намагається нейтралізувати, або, іншими словами, блокувати. Тому, вочевидь, нормальною реактивністю мозку за фотостимуляції треба вважати зниження потужності сумарного сигналу в півкулях і відсутність реакції засвоєння ритму світлових миготінь. А наявність реакції засвоєння ритму світлових миготінь на будь-якій із частот, і особливо наявність других та третіх гармонік, слід вважати проявом патологічного стану головного мозку, який не здатний нейтралізувати зовнішній подразник. Такий підхід до оцінювання результатів проби з фотостимуляцією пояснює наявність реакції засво-

єння ритму на високій частоті (9 Гц), наприклад, у хворих на цироз печінки з ознаками печінкової енцефалопатії [6]. Також стає зрозумілим і той факт, що фотостимуляція як потужний подразник може викликати надмірне подразнення як стовбурових, так і нестовбурових структур мозку і навіть провокувати великий епілептичний напад у людей із наявністю чи схильністю до епілепсії. Крім того, за такого підходу до оцінювання результатів фотостимуляції простежується пряма кореляція між результатами проби з "фотостимуляцією" та проби "з відкриванням очей", що також застосовуються для визначення реактивності головного мозку людини. Зазначимо, що такий підхід до оцінювання проби з фотостимуляцією відкриває простір для пошуку кореляцій між частотою засвоєння ритму світлових миготінь у обстежуваного і певними патологічними станами і процесами в організмі, що призводять до зниження компенсаторних можливостей ГМ аж до їх повного зривання.

Список використаних джерел

1. Данилова Н. Н. Функциональное состояние: механизмы и диагностика / Н. Н. Данилова. – М. : Медицина, 1982. – 432 с.

2. Зенков Л. Р. Функциональная диагностика нервных болезней / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. – М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 104 с.

3. Петренко Е. Г. Влияние фотостимуляции разного цвета на рабочую электроэнцефалограмму и эффективность движения человека. / Е. Г. Петренко, Э. Г Заркешев // Журн. Высш. нервн. деят. – 1998. – Т. 39. – С. 746–748.

4. Проблемы и перспективы методических подходов к анализу состояния здоров'я / С. Д. Корчиков, И. П. Кратинова, Ю. Н. Мечетный, С. И. Найденов // Тезисы докл. III Междунар. науч.-практ. конференции. – Луганск, 2009. – С. 43–45.

5. Березовчук Л. В. Дослідження реактивності головного мозку залежно від типу фонової електроенцефалограми людини / Л. В. Березовчук // Журн. Клінічна хірургія. – 1998. № 8. – С. 39–40.

6. Березовчук Л. В. Особливості альфа-ритму електоренцефалограми хворих на цироз печінки / Л. В. Березовчук, М. В. Костилев, О. Г. Котенко // Журн. Клінічна хірургія. – 1998. – № 9. – С. 19–20.

7. Photic stimulation during electroencephalography: Efficacy and safety in an unselected cohort of patients referred to UK neurophysiology departments / W. Kimberley, S. Michael, R. Kandler et all. // Seizure Vol. 34, January. – 2016. – P. 29–34.

8. Чернявских С. Д. Влияние функциональных нагрузок на показатели ЭЭГ / С. Д. Чернявских, О. А. Горбунова // Научный результат. Физиология. – 2014. – Т. 1. – Вып. № (1)35.

Reference

1. Danilova N.N. Functional state: mechanisms and diagnostics / NN Danilova. M .: Medicine, 1982; 432.

2. Zenkov L.R., Ronkon M.A. Functional diagnostics of nervous diseases. – M .: MEDpress-inform, 2004; 104.

3. Petrenko E.G., Zarkeshev E.G. Influence of photostimulation of different colors on working electroencephalogram and the efficiency of human movement. Journal. Higher nerve active 1998; 39: 746-748.

4. Korchikov S.D., Kratinova I.P., Mechetny Yu.N., Naydenov S.I. Problems and prospects of methodological approaches to the analysis of health status. Theses of reports. III International Scientific and Practical Conference. Lugansk 2009; 43-45.

5. Berezovchuk L.V. The pre-development of the reactivity of the brain is fallen into the background type of electroencephalograms of people. Journal. Klinichna surgery. 98; 8: 39-40.

6. Berezovchuk L.V., Kostilev M.V., Kotenko O.G. Features of the alpha rhythm of electorialcephalograms with liver cirrhosis. Journal. Klinichna surgery. 1998; 9: 19-20.

7. Kimberley W., Michael S, Kandler R., Sarah L., Catherine P. Photic stimulation during electroencephalography: Efficacy and safety in an unselected cohort of patients referred to UK neurophysiology departments. Seizure. 2016; 34: 29-34.

8. Chernyavskikh S.D., Gorbunova O.A. Influence of functional loads on EEG indicators. Scientific result. Physiology. 2014; 1 (1).35

Надійшла до редколегії 7.09.2020
Отримано виправлений варіант 7.10.2020
Підписано до друку 7.10.2020

Received in the editorial 7.09.2020
Received a revised version on 7.10.2020
Signed in the press on 7.10.2020

Л. Березовчук, канд. биол. наук, Н. Макарчук, д-р биол. наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ФОТОСТИМУЛЯЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

В исследовании было установлено, что при применении пробы с фотостимуляцией, как при наличии феномена воспроизведения ритма световых миганий, так и при его отсутствии мозг проявляет выраженную реакцию, что подтверждается значительными изменениями суммарной мощности биоэлектрического сигнала в полушариях головного мозга (ГМ). При отсутствии реакции усвоения ритма световых миганий у обследуемых в большинстве случаев наблюдается снижение суммарной мощности сигнала в полушариях ГМ. При наличии реакции усвоения ритма световых миганий, когда на ЭЭГ визуально наблюдаются колебания, совпадающие с частотой стимула, суммарная мощность сигнала в полушариях может как повышаться, так и снижаться. При этом наибольшее повышение мощности сигнала отдельных ритмов при фотостимуляции не всегда наблюдается на частоте стимуляции. Результаты исследования дают основания предположить, что феномен воспроизведения мозгом ритма световых миганий, который наблюдается на ЭЭГ во время фотостимуляции, и уменьшение или увеличение суммарной мощности биоэлектрического сигнала в полушариях ГМ, являются различными физиологическими явлениями. Это может означать, что отсутствие реакции усвоения ритма световых миганий при фотостимуляции – это более физиологический ответ мозга на раздражитель, чем наличие такой реакции. Указанный вывод дает основания считать, что наличие усвоения ритма световых миганий на любой из частот при проведении пробы с фотостимуляцией, а тем более, наличие второй и третьей гармоник, является показателем снижения функционального состояния ГМ или проявлением определенной патологии мозга. Такой подход к оценке пробы с фотостимуляцией коррелирует с результатами пробы "с открыванием глаз", которая также применяется для определения реактивности головного мозга человека.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, фотостимуляция, суммарная мощность биоэлектрического сигнала, функциональное состояние мозга.

L. Berezovchuk, PhD, N. Makarchuk, Dr Sci.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

INFLUENCE OF PHOTOSTIMULATION ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE HUMAN BRAIN

The study found that during the test with photostimulation, both in the presence of the phenomenon of reproduction of the rhythm of light flicker, and in its absence, the brain shows a pronounced reaction, as evidenced by significant changes in total bioelectric signal power in the cerebral hemispheres (CH). In the absence of the reaction of assimilation of the rhythm of light flicker in the subjects in most cases there is a decrease in the total signal strength in the CH. In the presence of a reaction of assimilation of the rhythm of light flicker, when the EEG visually observes oscillations that coincide with the frequency of the stimulus, the total signal strength in the hemispheres can both increase and decrease. At the same time, the largest increase in signal strength of individual rhythms during photostimulation is not always observed at the stimulation frequency. The results of the study suggest that the phenomenon of brain reproduction of the rhythm of light flicker observed on the EEG during photostimulation, and a decrease or increase in the total power of the bioelectric signal in the CH, are different physiological phenomena. This may mean that the absence of a response to the assimilation of the rhythm of light flicker during photostimulation is a more physiological response of the brain to the stimulus than the presence of such a reaction. This conclusion gives reason to believe that the presence of assimilation of the rhythm of light flicker at any of the frequencies during the test with photostimulation, and even more so, the presence of the 2nd and 3rd harmonics, is a manifestation of brain pathology. This approach to the evaluation of the sample with photostimulation correlates with the results of the test "with the eye open", which is also used to determine the reactivity of the human brain by exposure to the visual analyzer.

Keywords: electroencephalogram, photostimulation, total capacity of bioelectrical signal.