

УДК 612.8.  
DOI 10.17721/1728.2748.2023.92.33-37

Я. Мироненко, студ.  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,  
І. Зима, д-р біол. наук  
ННЦ "Інститут біології та медицини",  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

## КОГНІТИВНІ ПОТЕНЦІАЛИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЧОЛОВІКІВ, ВИКЛИКАНІ СПРИЙНЯТТЯМ ОБЛИЧ ОСІБ РІЗНОЇ СТАТІ З РІЗНОЮ ЕМОЦІЙНОЮ МОДАЛЬНОСТЮ

*Здійснено обрахунок різниці піків, пов'язаних з подією потенціалів у чоловіків при експозиції різностатевих облич із диференційованим емоційним забарвленням за допомогою програмного комплексу MATLAB і EEGLAB.*

*Проведено реєстрацію електричної активності мозку 20-ти студентів чоловічої статі Київського національного університету імені Тараса Шевченка задля виявлення різниці в активації мозкових структур у ході експозиції портретів різної статі з позитивною й негативною емоційною модальністю.*

*Статистично достовірні відмінності пікової амплітуди було зафіксовано для компонентів N250, N400 та P300 за умови подання обстежуваним чоловічих і жіночих портретів з позитивною емоційною модальністю, тоді як при експозиції серій зображень з негативною емоційною модальністю статистичних відмінностей не було зареєстровано в жодному із компонентів.*

**Ключові слова:** електроенцефалографія; викликані потенціали; потенціали, пов'язані з подією; зорові потенціали; емоції; статеві відмінності.

**Вступ.** Міміка обличчя – один із основних засобів соціальної комунікації, за допомогою якого в людей є можливість швидкого (менше секунди) аналізу великої кількості показників, що надходять від об'єкта уваги, як-от раси, статі, віку, емоцій, намірів тощо [1].

Незважаючи на розвиток нових методів нейровізуалізації, електроенцефалографія (ЕЕГ) залишається важливим компонентом діагностування окремих психічних розладів, захворювань і станів, а також активно використовується для нейрофізіологічних досліджень [2]. Потенціали, пов'язані з подією, або ППП, відображаються як ділянки ЕЕГ, що генеруються в різних відділах центральної нервової системи (ЦНС) у відповідь на певні події чи стимули. Оскільки ППП прив'язані за часом до сенсорних, моторних чи когнітивних подій, вони забезпечують безпечний неінвазивний підхід до вивчення психофізіологічних корелятивних психічних процесів [3]. У свою чергу, зорові потенціали – це електричні сигнали, що генеруються насамперед в зоровій корі у відповідь на зовнішню візуальну стимуляцію. До основних функцій зорової кори, що знаходиться в потиличному відділі мозку, належать інтеграція, сегментація й обробка візуальної інформації, а її активація відбувається через центральне поле зору [4]. Оскільки зорові потенціали модулюються в момент детекції певного подраزنника, їхнє реєстрування забезпечує неінвазивний метод дослідження функціональної зорової системи людини шляхом виявлення активності груп нейронів, що реагують на зорові подразники [5, 6].

У науковій літературі описано багато відмінностей у когнітивних здібностях чоловіків і жінок. До них відносять завдання на просторове мислення [7], вправи з фотографічною (зоровою) пам'яттю [8], вправи на концентрацію уваги, здатність розпізнавання міміки облич, визначення їхньої емоційної модальності тощо. Було показано, що за однаковий проміжок часу жінки здатні детальніше опрацювати візуальну інформацію, пов'язану з розпізнаванням людських облич [9]. Тому компонент N170, що в літературі традиційно пов'язаний із розпізнаванням облич, у жінок має вищу амплітуду [10]. Ба більше, серія досліджень із використанням функціональної магнітно-резонансної томографії (фМРТ) продемонстрували різницю активації мигдалеподібного тіла у чоловіків та жінок упродовж спостереження облич із позитивною емоційною модальністю. Позитивні стимули в чоловіків вик-

ликають активацію мигдалеподібного тіла в правій півкулі головного мозку, у той час як ті самі стимули в жінок викликають активацію лівої півкулі [11]. Крім того, було виявлено статеві відмінності, пов'язані з мигдалеподібним тілом, упродовж спостереження жіночих емоційно нейтральних облич: у чоловіків ця ділянка головного мозку активувалася сильніше [12]. Статеві відмінності було також зафіксовано в модуляції компоненту N200, що посилювався у жінок при сприйнятті негативних стимулів порівняно з чоловіками [13]. А компоненти P300 та LPP (Late Positive Potential), що відповідають за більш складні когнітивні процеси й розпізнавання емоцій, мали вищу амплітуду у жінок, ніж у чоловіків [14].

З огляду на те, що сучасні соціальні тенденції спрямовані на врегулювання та врівноваження ролі чоловіка й жінки в суспільстві, питання задоволення потреб будь-якої статі залишається відкритим. Механізми навчання, відтворення та аналізу інформації чоловіками й жінками сприймаються по-різному внаслідок морфологічно-функціональних, ендокринних і генетичних відмінностей самих організмів, що обумовлює особливу актуальність цієї роботи.

**Матеріали та методи досліджень.** У дослідженні взяли участь 20 студентів Київського національного університету імені Тараса Шевченка чоловічої статі віком 17–22 роки ( $n = 20$ ). Експозиція зображень і реєстрація ППП у коркових відділах ЦНС проводилися з використанням програмно-апаратного комплексу "Нейроком" (ХАІ Медика, м. Харків, Україна) та спеціально створеної методики для проведення дослідження (шаблон). Накладання електродів на шкіру голови обстежуваним проводилося відповідно до міжнародної системи "10–20".

Шаблон експерименту включав запис електроенцефалограми з демонстрацією обстежуваним чотирьох серій зображень тривалістю 10 хв кожна. Перед експозицією зображень проводився запис ЕЕГ із закритими (3 хв) та відкритими (3 хв) очима. Для демонстрування позитивно й негативно емоційно забарвлених виразів обличчя була використана Міжнародна система афективних зображень (IAPS), що містить серію стандартизованих фотографій у вільному доступі. Параметрами оцінювання викликаних потенціалів (ВП) було визначено латентність та їхню пікову амплітуду з усіх відведень головного мозку.

Програма стимуляції містила часті стимули: позитивно забарвлені ( $M = 4.11$ ,  $SD 1,72$  до  $M = 5.71$ ,  $SD 1,70$ ) жіночі й чоловічі ( $M = 4,81$ ,  $SD 1,56$  до  $M = 5,43$ ,  $SD 1,50$ ). Рідкісними стимулами було визначено жіночі нейтральні ( $M = 1,81$ ,  $SD 0,67$ ) і чоловічі нейтральні ( $M = 1,29$ ,  $SD 1,31$ ). Стимули демонструвалися з довільним патерном протягом 500 мс незалежно від емоційної складової, а вірогідність появи рідкісного стимулу становила 30 %.

Обробка записів ЕЕГ, що були напрацьовані в ході дослідження, здійснювалася в програмному інструментарії EEGLAB програмного забезпечення MATLAB. Дані оброблялися шляхом проведення ICA-аналізу для видалення артефактних елементів (м'язові, очорухові та ін.). Для виявлення ділянок зі статистично достовірними відмінностями амплітуди ( $p < 0.05$ ) було застосовано критерій  $fdr$ . У

ході візуалізації отриманих даних було використано пакет "ggplot2" у програмному середовищі RStudio.

**Результати та їх обговорення.** Аналіз зорових потенціалів у обстежуваних чоловічої статі упродовж експозиції серій чоловічих і жіночих облич із позитивною й негативною емоційною модальністю виявив наявність компоненту P100 в зонах фронтальних (F3-F4) і центральних (C3-C4) відведень. Пікова амплітуда даного компоненту була 0,5 мкВ для жіночих і 0,0 мкВ – для чоловічих облич із позитивною й негативною емоційною модальністю (рис. 1). Латентність становила 100–120 мс. Упродовж аналізу компоненту P100 статистичних відмінностей між вибірками з чоловічими та жіночими зображеннями не було виявлено.

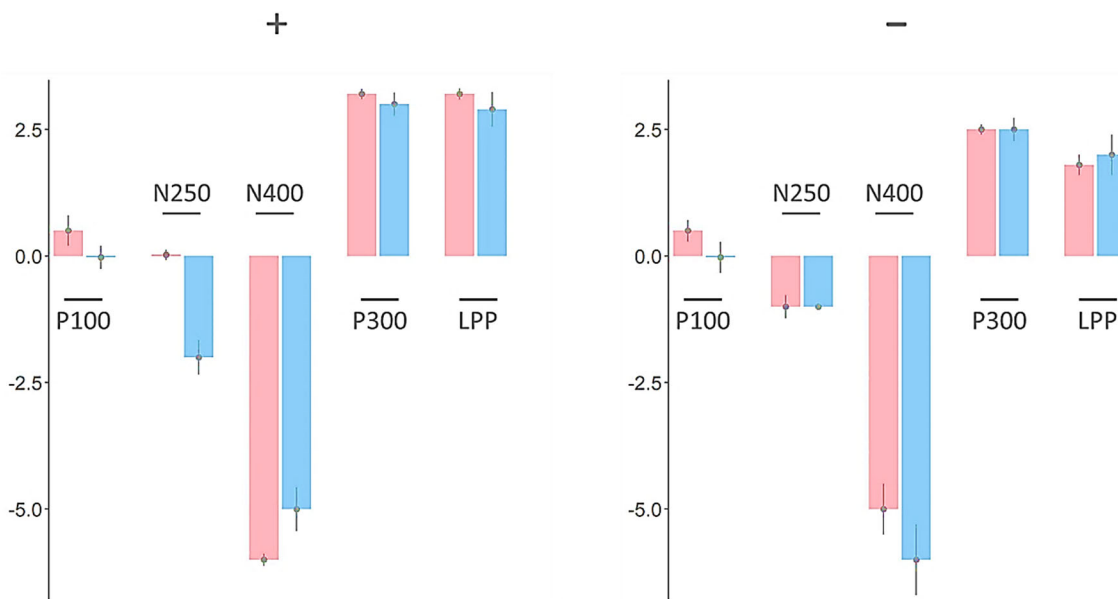


Рис. 1. Пікові амплітуди ВП (мкВ) у обстежуваних чоловічої статі упродовж експозиції серій чоловічих (блакитний колір) і жіночих (рожевий колір) облич з позитивною (+) та негативною (-) емоційною модальністю

Компонент P100 пов'язаний із ранніми стадіями обробки візуальної інформації, у тому числі людських облич. Було продемонстровано, що амплітуда компоненту P100 була вищою упродовж експозиції зображень із людськими обличчями порівняно з іншими візуальними стимулами [15]. Крім того, латентність компоненту P100 змінювалася залежно від того, який стимул (будівля, людський портрет, пейзаж тощо) було продемонстровано респондентам [16]. Компонент P100 може бути задіяний у визначенні кольору візуального подразника, його яскравості й залучений у процеси ранньої модуляції уваги, а також сприяє просторовому визначенню стимулів [17]. Компонент P100 не бере участі в диференціації емоцій та їхньої інтеграції в попередній контекст [18].

Компонент N250 було виявлено в зонах окципітальних (O1-O2), парієтальних (P3-P4) і темпоральних (T5-T6) електродів упродовж експозиції серій зображень чоловічих та жіночих облич із позитивною й негативною емоційною модальністю. Пікова амплітуда компоненту N250 у вибірці з позитивними стимулами становила 0,0 мкВ для жіночих облич та -2,0 мкВ – для чоловічих облич. Упродовж експозиції серій зображень з негативною емоційною модальністю пікова амплітуда потенціалу N250 становила -1,0 мкВ для обох серій зображень.

Латентність потенціалу N250 – 250–300 мс. Аналіз компоненту N250 виявив статистичні відмінності серед вибірок з позитивно забарвленими стимулами в зоні електродів O1-O2. Аналіз компоненту N250 упродовж експозиції негативно забарвлених чоловічих і жіночих облич статистичних відмінностей не виявив.

Компонент N250 виникає в проміжку 230–300 мс і традиційно сприймається як один із корелятивів візуальної обробки знайомих облич. Зокрема, було показано зростання амплітуди компоненту N250 упродовж демонстрації обстежуваним знайомих облич порівняно з незнайомими або персонально знайомих порівняно з портретами знаменитостей [19]. При цьому в деяких експериментах підтверджено, що амплітуда компоненту N250 підвищується при повторній експозиції не лише людських облич, але й інших об'єктів, зображення яких було подано вперше [20]. Підвищення амплітуди компоненту N250 упродовж повторної демонстрації облич або інших предметів пов'язують із активацією робочої пам'яті [21]. З огляду на це, компонент N250 бере участь у формуванні короткострокової пам'яті [22].

Компонент N400 виявлено в зоні електродів O1-O2 упродовж експозиції серій жіночих і чоловічих облич з позитивною й негативною емоційною модальністю.

Пікова амплітуда компоненту N400 становила -6,0 мкВ для зображень із жіночими та -5,0 мкВ для зображень із чоловічими позитивно забарвленими обличчями. Для вибірок з негативно забарвленими чоловічими й жіночими обличчями пікова амплітуда становила -5,0 мкВ для жіночих та -6,0 мкВ для чоловічих зображень. Латентність компоненту N400 – 380–500 мс. Компонент N400 також було виявлено в зонах центрально-парієтальних електродів Pz. Значущі відмінності під час аналізу компоненту N400 було знайдено в зоні електродів O1-O2 між серією чоловічих і жіночих позитивних зображень. Аналіз компоненту N400 упродовж експозиції негативно забарвлених чоловічих та жіночих обличчя статистичних відмінностей не виявив.

Компонент N400 традиційно розглядається як негативна хвилеподібна активність, пік якої становить близько 400 мс після пред'явлення стимулу. Характерною особливістю даного компоненту є зростання його амплітуди разом зі складністю інтеграції стимулу в попередній контекст. На нейрофізіологічному рівні це відбувається за рахунок того, що для обробки певного типу інформації утворюється більша кількість постсинаптичних потенціалів або залучається більша кількість нейронів. Отже, при наступній експозиції вже відомого стимулу амплітуда компоненту N400 може зменшуватися [23]. Дослідження показали, що амплітуда N400 посилюється при демонстрації рідкісних стимулів, а латентність може пролонгуватися до 600 мс за рахунок потреби більшої кількості часу для ідентифікації об'єкта [24]. У науковій літературі описано, що амплітуда компоненту N400 підвищується упродовж демонстрації незнайомих привабливих обличчя протилежної статі, що підтверджується в нашому дослідженні [25]

Компонент P300 було знайдено в обох групах вибірок у зоні лобних (Fp1-Fp2), фронтальних (F3-F4, F7-F8), центральних (C3-C4) і темпоральних електродів (T3-T4, T5-T6). Пікова амплітуда компоненту P300 у вибірці з позитивними зображеннями становила 3,2 мкВ для жіночих і 3,0 мкВ для чоловічих зображень у зоні електродів F3-F4. У вибірці із серіями негативно забарвлених чоловічих та жіночих обличчя пікова амплітуда компоненту P300 становила 2,5 мкВ у зонах електродів F4, F7. Упродовж аналізу компоненту P300 між серіями зображень чоловічих і жіночих позитивно забарвлених обличчя знайдено статистичні відмінності в зонах електродів T4, T6, C4. Аналіз компоненту P300 упродовж експозиції негативно забарвлених чоловічих та жіночих обличчя статистичних відмінностей не виявив.

Компонент P300 – це позитивне відхилення, що з'являється на записі між 250 і 500 мс після пред'явлення стимулу. Нейрогенератором потенціалу P300 є префронтальна кора головного мозку. На відміну від деяких ранніх потенціалів (P100, P200), компонент P300 більше залежить від контексту, у якому розміщується подразник, та кількості уваги, що вимагається для його обробки. Він пов'язаний з усвідомленими стадіями обробки емоційних виразів обличчя, а також вважається провідним компонентом у процесі прийняття рішення і категоризації емоцій. Амплітуда компоненту P300 здатна змінюватися залежно від типу представленого завдання (зорове, слухове тощо). Наприклад показано, що амплітуда компоненту P300 є вищою для візуальних стимулів порівняно зі слуховими [26]. Крім того, амплітуда компоненту P300 зростає у відповідь на експозицію зображень із негативними емоціями на обличчі. Зокрема, умовно "злі" вирази обличчя залучають більше уваги порівняно з позитивними обличчями, а

негативні вирази обличчя (сум, плач) викликають сильнішу емоційну відповідь, ніж позитивні [27].

Компонент LPP було виявлено в зонах центральних (C3, Cz), фронтальних (F3-F4, F7-F8), лобних (Fp1-Fp2), парієтальних (P3-P4) і темпоральних (T4-T5) електродів упродовж експозиції чоловічих та жіночих портретів з позитивною й негативною емоційною модальністю. Пікову амплітуду компоненту LPP у вибірці з позитивними зображеннями зафіксовано в зоні електроду F3. Вона становила 3,2 мкВ для зображень із жіночими портретами та 2,9 мкВ – для чоловічих портретів. У вибірці з негативними зображеннями пікову амплітуду компоненту LPP було зафіксовано в зоні електроду F4 (1,8 мкВ для жіночих та 2,0 мкВ – для чоловічих обличчя). Статистичних відмінностей упродовж аналізу компоненту LPP для вибірок з чоловічими й жіночими обличчями з різною емоційною модальністю не було зафіксовано.

LPP традиційно вважається позитивним відхиленням, що з'являється на записі в діапазоні 300–600 мс після пред'явлення стимулу. За інформацією з наукової літератури, LPP є чутливим до емоційної складової стимулу та стимулює мотиваційні процеси в мозку людини. Приміром, амплітуда компоненту LPP підвищується за пред'явлення стимулів, на яких зображено людські обличчя з певною емоційною модальністю порівняно з нейтральними стимулами [28]. Вища чутливість компоненту LPP до зображень з позитивною емоційною модальністю відображає прихильність мотиваційних і когнітивних ресурсів людини до такого типу стимулів [29]. Також важливим залишається аспект вищої інстинктивної цінності для портретів протилежної статі, що продемонстровано в нашому дослідженні [25].

**Висновки.** Таким чином, аналіз кривих ППП виявив статистичні відмінності компонентів N250, N400 та P300 за умови представлення обстежуваним чоловічих та жіночих портретів з позитивною емоційною модальністю. Зокрема, аналіз компоненту N400 виявив, що на фізіологічному рівні, сприйняття й оцінка емоційної модальності чоловіками жіночих обличчя вимагає більшої кількості залучених нейронів і постсинаптичних потенціалів порівняно з чоловічими портретами. На нейропсихологічному рівні це означає, що інтеграція інформації, пов'язаної з жіночими портретами, та її структурування є більш складним процесом, ніж для чоловічих обличчя [23]. Амплітуда компоненту P300 є найвищою за експозиції позитивних жіночих обличчя. Це може бути пов'язано з тим, що подання обстежуваним портретів іншої статі вимагає більшої кількості уваги порівняно з чоловічими портретами, оскільки жіночі портрети є більш мотиваційно-значущими [30]. Компонент N250 бере участь у формуванні короткострокової пам'яті [22]. У свою чергу, аналіз кривих ППП, що були отримані при експозиції серій зображень з негативними людськими портретами, не виявив статистичних відмінностей у жодному з компонентів. Це можна пояснити тим, що чоловіки більш чуттєво реагують на обличчя з позитивною емоційною модальністю, у той час коли жінки є більш сприйнятливими до негативних обличчя [10]. На основі цього можна зробити припущення, що чоловіки сприймають по-різному позитивно забарвлені чоловічі й жіночі обличчя, тоді як сприйняття зображень із негативною модальністю не відрізняється для портретів різної статі.

## Список використаних джерел

1. Tsao D.Y. Mechanisms of face perception [Electronic resource] / Doris Y. Tsao, Margaret S. Livingstone // Annual review of neuroscience. – 2008. – Vol. 31, N. 1. – P. 411–437. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.30.051606.094238>
2. Rayi A. Electroencephalogram [Electronic resource] / A. Rayi, N. Murr. – NCBI Bookshelf: Stat Pearls, 2022. – 111 p. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563295/>.
3. Brain processes while struggling with evidence accumulation during facial emotion recognition: an ERP study [Electronic resource] / Yu-Fang Yang [et al.] // Frontiers in human neuroscience. – 2020. – Vol. 14. Available from: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00340>
4. Trevor Huff N. Neuroanatomy, visual cortex [Electronic resource] / Trevor Huff, Tadi P. – NCBI Bookshelf : StatPearls, 2021. – 145 p. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482504/>.
5. Zeppieri C. Visual evoked potential (VEP) [Electronic resource] / C. Zeppieri. – Sydney North Neurology&Neuropsychology : Stat Pearls, 2022. – 167 p. Available from: [https://sydneynorthneurology.com.au/visual-evoked-potential-vep/#~:text=A%20visual%20evoked%20potential%20is,on%20an%20electroencephalogram%20\(EEG\).](https://sydneynorthneurology.com.au/visual-evoked-potential-vep/#~:text=A%20visual%20evoked%20potential%20is,on%20an%20electroencephalogram%20(EEG).)
6. Creel D. Visually evoked potentials [Electronic resource] / Donnell Creel, Minzhong Yu // Handbook of clinical electrophysiology of vision. – Cham, 2019. – P. 19–28. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30417-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30417-1_2)
7. Maeda Y. A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R) [Electronic resource] / Yukiko Maeda, So Yoon Yoon // Educational Psychology Review. – 2012. – Vol. 25, N. 1. – P. 69–94. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9215-x>
8. Voyer D. Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis [Electronic resource] / Daniel Voyer, Susan D. Voyer, Jean Saint-Aubin // Psychonomic Bulletin & Review. – 2016. – Vol. 24, N. 2. – P. 307–334. Available from: <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1085-7>
9. Hansen T. Are women always better able to recognize faces? The unveiling role of exposure time [Electronic resource] / Torben Hansen, Judith Zaichkowsky, Ad de Jong // PLOS ONE. – 2021. – Vol. 16, N. 10. – P. e0257741. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257741>
10. Mapping the time course of nonconscious and conscious perception of fear: An integration of central and peripheral measures [Electronic resource] / Leanne M. Williams [et al.] // Human Brain Mapping. – 2004. – Vol. 21, N. 2. – P. 64–74. Available from: <https://doi.org/10.1002/hbm.10154>
11. Killgore W. D. S. Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect [Electronic resource] / William D. S. Killgore, Deborah A. Yurgelun-Todd // Neuroreport. – 2001. – Vol. 12, N. 11. – P. 2543–2547. Available from: <https://doi.org/10.1097/00001756-200108080-00050>
12. Brain activation while forming memories of fearful and neutral faces in women and men. [Electronic resource] / Håkan Fischer [et al.] // Emotion. – 2007. – Vol. 7, N. 4. – P. 767–773. Available from: <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.4.767>
13. Gender Differences in Neural Responses to Perceptually Invisible Fearful Face—An ERP Study [Electronic resource] / Seung A. Lee [et al.] // Frontiers in Behavioral Neuroscience. – 2017. – Vol. 11. Available from: <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2017.00006>
14. Effects of facial affect recognition on the auditory P300 in healthy subjects [Electronic resource] / Yoshifumi Morita [et al.] // Neuroscience Research. – 2001. – Vol. 41, N. 1. – P. 89–95. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0168-0102\(01\)00248-6](https://doi.org/10.1016/s0168-0102(01)00248-6)
15. Goffaux V. Spatial scale contribution to early visual differences between face and object processing [Electronic resource] / Valérie Goffaux, Isabel Gauthier, Bruno Rossion // Cognitive Brain Research. – 2003. – Vol. 16, N. 3. – P. 416–424. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(03\)00056-9](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(03)00056-9)
16. de Haan M. Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: a review [Electronic resource] / Michelle de Haan, Mark H. Johnson, Hanife Halit // International Journal of Psychophysiology. – 2003. – Vol. 51, N. 1. – P. 45–58. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(03\)00152-1](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(03)00152-1)
17. The Neural Responses of Visual Complexity in the Oddball Paradigm: An ERP Study [Electronic resource] / Rui Hu [et al.] // Brain Sciences. – 2022. – Vol. 12, N. 4. – P. 447. Available from: <https://doi.org/10.3390/brainsci12040447>
18. Source Localization of Early Stages of Face Processing [Electronic resource] / Martin J. Herrmann [et al.] // Brain Topography. – 2005. – Vol. 18, N. 2. – P. 77–85. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10548-005-0277-7>
19. Gender Difference in Event Related Potentials to Masked Emotional Stimuli in the Oddball Task [Electronic resource] / Eun Young Kim [et al.] // Psychiatry Investigation. – 2013. – Vol. 10, N. 2. – P. 164. Available from: <https://doi.org/10.4306/pi.2013.10.2.164>
20. Activation of Preexisting and Acquired Face Representations: The N250 Event-related Potential as an Index of Face Familiarity [Electronic resource] / James W. Tanaka [et al.] // Journal of Cognitive Neuroscience. – 2006. – Vol. 18, N. 9. – P. 1488–1497. Available from: <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.9.1488>
21. Herzmann G. Increased N250 amplitudes for other-race faces reflect more effortful processing at the individual level [Electronic resource] / Grit Herzmann // International Journal of Psychophysiology. – 2016. – Vol. 105. – P. 57–65. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.05.001>
22. Faces forming traces: neurophysiological correlates of learning naturally distinctive and caricatured faces [Electronic resource] / Claudia Schulz [et al.] // NeuroImage. – 2012. – Vol. 63, N. 1. – P. 491–500. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.06.080>
23. Kutas M. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP) [Electronic resource] / Marta Kutas, Kara D. Federmeier // Annual Review of Psychology. – 2011. – Vol. 62, N. 1. – P. 621–647. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
24. Neumann M. F. N250r and N400 ERP correlates of immediate famous face repetition are independent of perceptual load [Electronic resource] / Markus F. Neumann, Stefan R. Schweinberger // Brain Research. – 2008. – Vol. 1239. – P. 181–190. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.08.039>
25. Proverbio A. Neural markers of opposite-sex bias in face processing [Electronic resource] / Alice Proverbio // Frontiers in Psychology. – 2010. – Vol. 1. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2010.00169>
26. Effect of facial affect stimuli on auditory and visual P300 in healthy subjects [Electronic resource] / Masashi Yamamoto [et al.] // The Kurume Medical Journal. – 2000. – Vol. 47, N. 4. – P. 285–290. Available from: <https://doi.org/10.2739/ikumemedj.47.285>
27. Processing facial expressions that conflict with their meanings to an observer: an event related potential study [Electronic resource] / Qiwei Yang [et al.] // Frontiers in Psychology. – 2020. – Vol. 11. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01273>
28. Emotion and attention: event-related brain potential studies [Electronic resource] / Harald T. Schupp [et al.] // Understanding Emotions. – [S. l.], 2006. – P. 31–51. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(06\)56002-9](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(06)56002-9)
29. Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance [Electronic resource] / Harald T. Schupp [et al.] // Psychophysiology. – 2000. – Vol. 37, N. 2. – P. 257–261. Available from: <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3720257>
30. Oliver-Rodriguez J. C. Gender differences in late positive components evoked by human faces [Electronic resource] / Juan C. Oliver-Rodriguez, Zhiqiang Guan, Victor S. Johnston // Psychophysiology. – 1999. – Vol. 36, N. 2. – P. 176–185. Available from: <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3620176>

## References

1. Tsao D.Y., Livingstone M.S. Mechanisms of face perception. Annu Rev Neurosci. 2008; 31(1):411–437. doi:10.1146/annurev.neuro.30.051606.094238
2. Rayi A., Murr N. Electroencephalogram. StatPearls; 2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563295/>
3. Yang Y.F., Brunet-Gouet E., Burca M., Kalunga E.K., Amorim M.A. Brain processes while struggling with evidence accumulation during facial emotion recognition: an ERP study. Front Hum Neurosci. 2020;14. doi:10.3389/fnhum.2020.00340
4. Trevor Huff N. Neuroanatomy, visual cortex. Stat Pearls; 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482504/>
5. Zeppieri C. Visual evoked potential (VEP). Stat Pearls; 2022. [https://sydneynorthneurology.com.au/visual-evoked-potential-vep/#~:text=A%20visual%20evoked%20potential%20is,on%20an%20electroencephalogram%20\(EEG\).](https://sydneynorthneurology.com.au/visual-evoked-potential-vep/#~:text=A%20visual%20evoked%20potential%20is,on%20an%20electroencephalogram%20(EEG).)
6. Creel D., Yu M. Visually evoked potentials. Y: Handbook of clinical electrophysiology of vision. Springer International Publishing; 2019:19–28. doi:10.1007/978-3-030-30417-1\_2
7. Maeda Y., Yoon S.Y. A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R). Educ Psychol Rev. 2012; 25(1):69–94. doi:10.1007/s10648-012-9215-x
8. Voyer D., Voyer S.D., Saint-Aubin J. Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis. Psychon Bull Amp Rev. 2016;24(2):307–334. doi:10.3758/s13423-016-1085-7
9. Hansen T., Zaichkowsky J., de Jong A. Are women always better able to recognize faces? The unveiling role of exposure time. PLOS ONE. 2021;16(10):e0257741. doi:10.1371/journal.pone.0257741
10. Williams L.M., Liddell B.J., Rathjen J. et al. Mapping the time course of nonconscious and conscious perception of fear: An integration of central and peripheral measures. Hum Brain Mapp. 2004;21(2):64–74. doi:10.1002/hbm.10154
11. Killgore W.D., Yurgelun-Todd D.A. Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect. Neuroreport. 2001;12(11):2543–2547. doi:10.1097/00001756-200108080-00050
12. Fischer H., Sandblom J., Nyberg L., Herlitz A., Bäckman L. Brain activation while forming memories of fearful and neutral faces in women and men. Emotion. 2007;7(4):767–773. doi:10.1037/1528-3542.7.4.767
13. Lee S.A., Kim C.Y., Shim M., Lee S.H. Gender Differences in Neural Responses to Perceptually Invisible Fearful Face – An ERP Study. Front Behav Neurosci. 2017;11. doi:10.3389/fnbeh.2017.00006
14. Morita Y., Morita K., Yamamoto M., Waseda Y., Maeda H. Effects of facial affect recognition on the auditory P300 in healthy subjects. Neurosci Res. 2001;41(1):89–95. doi:10.1016/s0168-0102(01)00248-6

15. Goffaux V., Gauthier I., Rossion B. Spatial scale contribution to early visual differences between face and object processing. *Cogn Brain Res.* 2003;16(3):416-424. doi:10.1016/s0926-6410(03)00056-9
16. de Haan M., Johnson M.H., Halit H. Development of face-sensitive event-related potentials during infancy: a review. *Int J Psychophysiol.* 2003;51(1):45-58. doi:10.1016/s0167-8760(03)00152-1
17. Hu R., Zhang L., Meng P., Meng X., Weng M. The Neural Responses of Visual Complexity in the Oddball Paradigm: An ERP Study. *Brain Sci.* 2022;12(4):447. doi:10.3390/brainsci12040447
18. Herrmann M.J., Ehlis A.C., Muehlberger A., Fallgatter A.J. Source Localization of Early Stages of Face Processing. *Brain Topogr.* 2005;18(2):77-85. doi:10.1007/s10548-005-0277-7
19. Kim E.Y., Lee S.H., Park G. [et al.] Gender Difference in Event Related Potentials to Masked Emotional Stimuli in the Oddball Task. *Psychiatry Investig.* 2013;10(2):164. doi:10.4306/pi.2013.10.2.164
20. Tanaka J.W., Curran T., Porterfield A.L., Collins D. Activation of Preexisting and Acquired Face Representations: The N250 Event-related Potential as an Index of Face Familiarity. *J Cogn Neurosci.* 2006; 18(9):1488-1497. doi:10.1162/jocn.2006.18.9.1488
21. Herzmann G. Increased N250 amplitudes for other-race faces reflect more effortful processing at the individual level. *Int J Psychophysiol.* 2016;105:57-65. doi:10.1016/j.ijpsycho.2016.05.001
22. Schulz C., Kaufmann J.M., Kurt A., Schweinberger S.R. Faces forming traces: neurophysiological correlates of learning naturally distinctive and caricatured faces. *NeuroImage.* 2012; 63(1):491-500. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.06.080
23. Kutas M., Federmeier K.D. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annu Rev Psychol.* 2011; 62(1):621-647. doi:10.1146/annurev.psych.093008.131123
24. Neumann M.F., Schweinberger S.R. N250r and N400 ERP correlates of immediate famous face repetition are independent of perceptual load. *Brain Res.* 2008;1239:181-190. doi:10.1016/j.brainres.2008.08.039
25. Proverbio A. Neural markers of opposite-sex bias in face processing. *Front Psychol.* 2010;1. doi:10.3389/fpsyg.2010.00169
26. Yamamoto M., Morita K., Tomita Y., Tsuji K., Kawamura K., Maeda H. Effect of facial affect stimuli on auditory and visual P300 in healthy subjects. *Kurume Med J.* 2000;47(4):285-290. doi:10.2739/kurumemedj.47.285
27. Yang Q., Zhang Y., Wang J., Wu Y. Processing facial expressions that conflict with their meanings to an observer: an event related potential study. *Front Psychol.* 2020;11. doi:10.3389/fpsyg.2020.01273
28. Schupp H.T., Flaisch T., Stockburger J., Junghöfer M. Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Y: Understanding Emotions.* Elsevier; 2006: 31-51. doi:10.1016/s0079-6123(06)56002-9
29. Schupp H.T., Cuthbert B.N., Bradley M.M., Cacioppo J.T., Ito T., Lang P.J. Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology.* 2000;37(2):257-261. doi:10.1111/1469-8986.3720257
30. Oliver-Rodriguez J.C., Guan Z., Johnston V.S. Gender differences in late positive components evoked by human faces. *Psychophysiology.* 1999;36(2):176-185. doi:10.1111/1469-8986.3620176

Стаття надійшла: 02.03.23  
 Статтю надіслано на рецензування: 03.03.23  
 Статтю прийнято: 04.04.23

Ya. Myronenko, Student  
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,  
 I. Zyma, Dr. Sci. (Biol.)  
 NSC "Institute of Biology and Medicine", Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

### COGNITIVE POTENTIALS OF THE MALE BRAIN EVOKED BY PERCEIVING HUMAN'S FACES WITH DIFFERENT EMOTIONAL MODALITIES

*The calculation of the difference in peaks of the event-related potential in men during exposure to different-sex faces with differential emotional modality using the MATLAB and EEGLAB software packages.*

*The electrical activity of the brain of 20 male students of Taras Shevchenko Kyiv National University was recorded to identify the difference in the activation of brain structures during the demonstration of portraits of different sexes with positive and negative emotional modalities.*

*Statistically significant differences in peak amplitude were recorded for components N250, N400, and P300 when subjects were presented with male and female portraits with a positive emotional modality, while when exposed to a series of images with a negative emotional modality, no statistical differences were registered in any of the components. Statistically significant differences in the peak amplitude were recorded for the N250, N400, and P300 components when subjects were presented with male and female portraits with a positive emotional modality, while when exposed to a series of images with a negative emotional modality, no statistical differences were registered in any of the components.*

**Keywords:** electroencephalography; evoked potentials, event-related potentials; visual potentials; emotions; gender differences.