

Научная статья

УДК 612.821

<https://doi.org/10.21702/ncpb.2022.3.7>

Различия в событийно-связанных потенциалах на лица при правильном и ошибочном распознавании экспрессии

Константин А. Гапченко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: kgapchenko@sfedu.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1442-6718>

Аннотация

Зрительные компоненты событийно-связанных потенциалов (ССП) зависят от различных характеристик стимульного материала, однако их эмоциональная специфичность является предметом дискуссий. Целью данного исследования является попытка установить различия в активности биотоков мозга при правильном и ошибочном распознавании лицевой экспрессии. Предполагается, что характеристики ССП при правильном и ошибочном восприятии различных эмоциональных выражений имеют значимые отличия. В исследовании приняли участие 100 студентов высших учебных заведений в возрасте от 19 до 21 года с нормальным зрением. В качестве стимульного материала было использовано 490 лиц, изображенных анфас, отображающих 6 базовых эмоций по классификации Экмана, также было использовано нейтральное выражение лица. Далее, осуществлялась первичная обработка и сортировка полученных отрезков электроэнцефалограммы с целью выделения вызванных потенциалов. В результате были получены по 6 ССП для каждого из 128 отведений, подвергшиеся сравнительному анализу. Полученные данные свидетельствуют о существовании отличий ССП в процессе правильного и ошибочного восприятия экспрессии. При этом расхождения ССП формируются во временном окне 100-300 мс и различаются для разных видов экспрессий. Для обнаруженных отличий ССП также характерна конкретная область коры – задняя дорсальная лобная кора. Данную область связывают с механизмами работы и когнитивного контроля рабочей памяти. Новизна данного исследования заключается в обнаруженных различиях между реакциями мозга на правильную и ошибочную идентификацию лиц различной эмоциональной окраски. Полученные сведения, в ходе дальнейшего изучения, вероятно, могут расширить уже имеющиеся представления об особенностях функционирования структур головного мозга.

Ключевые слова: событийно-связанные потенциалы, зрительные компоненты, экспрессия, рассогласование, эмоциональная специфичность, восприятие лиц

Для цитирования

Гапченко К.А. (2022). Различия в событийно-связанных потенциалов на лица при правильном и ошибочном распознавании экспрессии. Северо-Кавказский психологический вестник, 20(3), 98–111. <https://doi.org/10.21702/ncpb.2022.3.7>

Research article

UDC 612.821

<https://doi.org/10.21702/ncpb.2022.3.7>

Differences in event-related potentials on faces with correct and erroneous expression recognition

Konstantin A. Gapchenko

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

E-mail: kgapchenko@sfedu.ru

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1442-6718>

Abstract

The visual components of event-related potentials (ERPs) depend on various characteristics of the stimulus material, but their emotional specificity is the subject of discussion. The aim of this study is to attempt to establish differences in the activity of brain bio-currents with correct and erroneous recognition of facial expression. It is assumed that the characteristics of ERPs with correct and erroneous perception of various emotional expressions have significant differences. The study involved 100 students of higher educational institutions aged 19 to 21 years with normal vision. As a stimulus material, 490 full-face faces were used, displaying 6 basic emotions according to Ekman's classification, and a neutral facial expression was also used. Further, the primary processing and sorting of the obtained segments of the electroencephalogram was carried out in order to isolate the evoked potentials. As a result, 6 ERPs were obtained for each of the 128 leads, which were subjected to comparative analysis. The data obtained indicate the existence of differences in ERPs in the process of correct and erroneous perception of expression. At the same time, ERPs discrepancies are formed in a time window of 100-300 ms and differ for different types of expressions. The detected differences in ERPs are also characterized by a specific area of the cortex – the posterior dorsal frontal cortex. This area is associated with the mechanisms of work and cognitive control of

working memory. The novelty of this study lies in the differences found between the brain's responses to correct and erroneous identification of persons of different emotional coloring. The information obtained in the course of further study will probably help to expand the already existing ideas about the functioning of brain structures.

Keywords: event-related potentials, visual components, expression, mismatch, emotional specificity, perception of faces

For citation

Gapchenko K.A. (2022). Differences in event-related potentials on faces with correct and erroneous expression recognition. *Severo-Kavkazskii psikhologicheskii vestnik (North-Caucasian Psychological Bulletin)*, 20(3), 98–111. (in Russ.). <https://doi.org/10.21702/ncpb.2022.3.7>

Введение

В настоящее время, эмоциональная специфичность зрительных компонентов ССП остается предметом дискуссий (Пономарев В. А., 2016). Есть данные, свидетельствующие о значимости пространственного расположения, размеров, формы и др. характеристик стимульного материала (Norcia, et al., 2015). Но при этом до конца не изучено как экспрессия лиц влияет на активность мозга.

В связи с вышесказанным, целью данного исследования было установить различия в реакции мозга при правильном и ошибочном распознавании эмоционального выражения.

Реализация цели потребовала решения следующих задач:

- зафиксировать активность мозга в процессе восприятия и идентификации негативных, нейтральных и позитивных лиц;
- визуализировать полученные в ходе эксперимента данные о ССП;
- провести качественный анализ полученных данных о ССП в ответ на негативные, нейтральные и позитивные лица;
- провести сравнительный анализ полученных данных о ССП в ответ на негативные, нейтральные и позитивные лица.

Наша гипотеза заключается в том, что существуют определенные различия в ССП в процессе правильного и ошибочного распознавания эмоциональных выражений. Что является лишь этапом в решении проблемы эмоциональной специфичности зрительных компонентов ССП.

Методы

Выборка

В исследовании приняло участие 100 студентов университета в возрасте от 19 до 21 года. Все участники имели нормальное или скорректированное

до нормы зрения и не имели в анамнезе неврологических и психиатрических заболеваний. Все испытуемые были информированы о предстоящей процедуре и дали письменное согласие на добровольное участие в эксперименте. Исследование было одобрено местной комиссией по этике и выполнялось с соблюдением этических норм в соответствии с The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

Стимульный материал

В качестве стимулов было использовано 490 фотографий лиц анфас, которые были взяты из свободно распространяемых баз данных: MMI (Pantic et al., 2005), KDEF (Lundqvist et al., 1998), Rafd (Langner et al., 2010) and WSEFEP (Olszanowski et al., 2015).

Стимулы отображали 6 базовых эмоций (по Экману), а также нейтральное выражение лица. Изображения лиц выравнились по средней яркости и RMS контрасту и вписывались в условную окружность диаметром 880 пикселей (22,8 угловых градуса).

Дизайн исследования

Респонденты располагались так, чтобы их глаза находились на расстоянии 60 см от центра экрана. При этом голова фиксировалась в лобно-подбородочном упоре. Инструкция не требовала от испытуемого фиксировать взор перед подачей стимула. Изображения мужских и женских лиц с разным выражением предъявлялись в случайной последовательности на 700 мс. Испытуемый должен был определить выражение показанного лица и устно сообщить экспериментатору о своем решении. Демонстрация очередного стимула запускалась экспериментатором после фиксации ответа испытуемого. Перед основным экспериментом испытуемые проходили тренинг, в ходе которого они знакомились с задачей, процедурой и запоминали обозначения выражений лица.

Регистрация ЭЭГ

Регистрация ЭЭГ осуществлялась с помощью энцефалографа в 128 монополярных отведениях с использованием шлема с комплектом съемных Ag-Cl электродов MCScap-AC128. Электроды располагались по системе «10–5». Оцифровывание ЭЭГ осуществлялось с частотой 1000 Гц.

Обработка результатов

Конвертация меток событий (момент предъявления стимулов) выполнялась в программе EDFBrowser (разработчик – Teunis van Beelen). Для дальнейшей обработки использовались отрезки ЭЭГ, включающие 200 мс перед подачей стимула и 500 мс после начала предъявления.

Записи ЭЭГ сортировались в соответствии с ответами испытуемых относительно эмоциональной валентности стимулов. В результате было сформировано по 3 набора записей: реакции на нейтральные, радостные и гневные лица. После выбора безартефактных записей они усреднялись в пределах каждого сформированного набора с целью выделения вызванных потенциалов (ВП). В результате для каждого испытуемого в каждом из 128 отведений было получено по 6 ССП: правильные ответы на нейтральные, позитивные и негативные лица; неправильные ответы на нейтральные, позитивные и негативные лица.

Для усреднения полученных ССП по всей выборке (grand average), построения карт распределения потенциалов и сравнения реакций применялись средства пакета программ EEGLAB для вычислительной среды Matlab. Локализация фокусов корковой активности определялась с помощью программы sLORETA.

Результаты исследования

Исходные ЗВП

В полученных исходных ВП в ответ на правильную и ошибочную идентификацию обнаруживаются определенные отличия (рис. 1). В интервале от 200 мс до 500 мс в лобных отведениях возникает рассогласование, причем амплитуда позитивного отклонения больше в случае, когда испытуемый совершает ошибку в идентификации выражения лица. Данный интервал активности мозга характерен для латентности компонента P300, поэтому можно предположить, что природа данного рассогласования лежит в механизмах формирования данного компонента ВП.

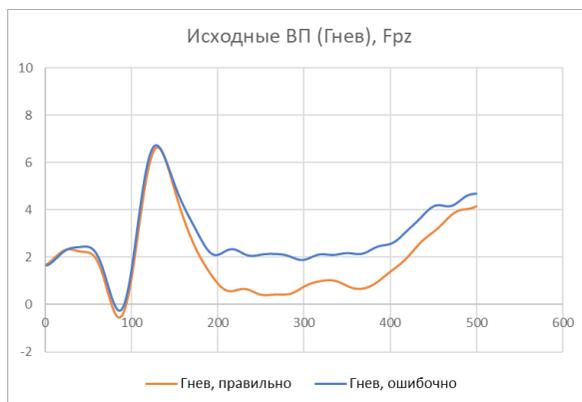


Рисунок 1. Исходные ВП в ответ на лица, демонстрирующие гнев.

При сравнении исходных ВП в задних отведениях было установлено, что уровень рассогласования по сравнению с лобными отведениями значительно меньше (рис. 2). Важно также отметить, что характеристики волн мозговой активности в затылочных и лобных отведениях также отличаются по величине и времени возникновения.

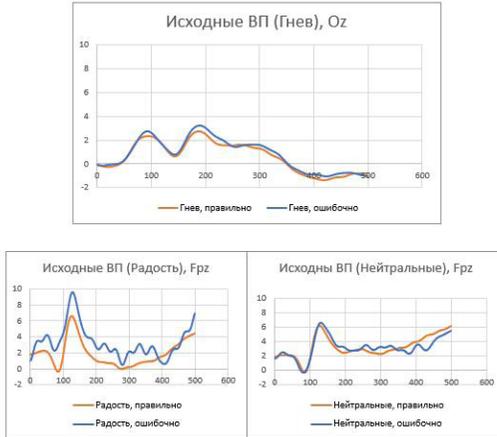


Рисунок 2. Исходные ВП в ответ на лица, демонстрирующие гнев, радость и в ответ на нейтральные лица.

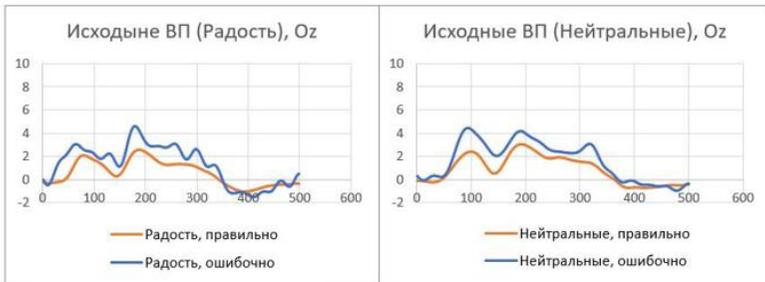


Рисунок 3. Исходные ВП в ответ на лица, демонстрирующие радость и на нейтральные лица.

Похожие результаты получены при сравнении исходных вызванных потенциалов в процессе восприятия нейтральных и выражающих радость лиц (рис. 2, 3). Однако, несмотря на выраженную разницу активности мозга в затылочных и лобных отведениях при правильном и ошибочном восприятии нейтральных лиц и лиц, выражающих радость, рассогласование возникает и при правильной идентификации стимульного материала, и при ошибочной. При этом, в случае с правильной и ошибочной идентификацией лиц, выражающих радость, рассогласование возникает значительно раньше, чем в случаях с нейтральными и выражающими гнев лицами. Рассогласование в данном случае возникает практически с самого начала предъявления стимульного материала, что может быть связано с особенностями восприятия позитивной окраски стимула (рис. 4).

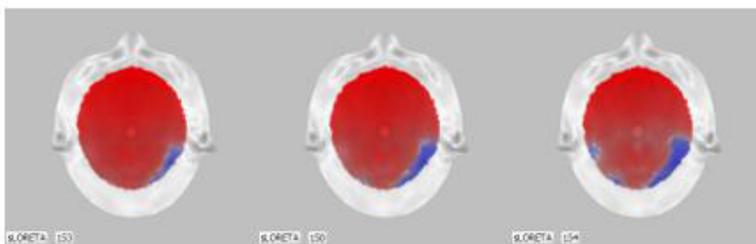


Рисунок 4. Распределение активности биотоков по скальпу. Гнев, Нейтральные, Радость

Динамика восприятия лиц

В ходе исследования удалось также визуализировать динамику активности определенных структур мозга в процессе восприятия и идентификации лиц различной экспрессии.

Первоначально наибольшей величина активности при восприятии лиц, выражающих гнев, приходится в область веретенообразной извилины (20-е поле по классификации Бродмана), чувствительной к восприятию лиц и являющейся хранилищем информации о лицах. При этом пиковая латентность находится в интервале от 140 до 170 мс, что согласуется с литературными данными (Ghuman et al., 2014). Дальнейшая динамика находит определенные отличия с литературными данными, однако это может быть обусловлено различными способами регистрации активности и ее последующей обработки.

Далее, фокус активности смещается в верхние отделы теменной доли, позади от постцентральной извилины. Данная область задействуется в сложной аналитико-синтетической деятельности. Второй участок, изображенный на рисунке 5, имеет отношение к механизмам работы рабочей памяти, куда,

судя по всему, направляется информация, извлеченная из области веретенообразной извилины для дальнейшей обработки. Пиковая латентность наблюдается в интервале от 170 до 190 мс.

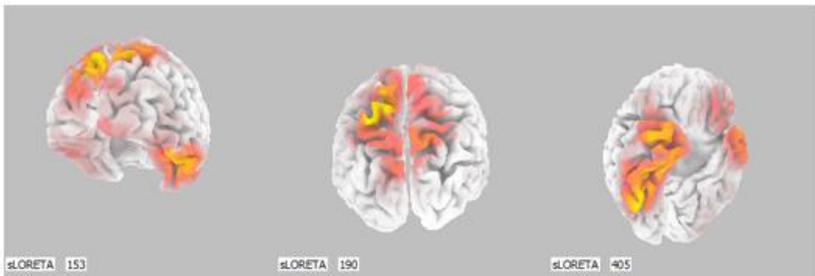


Рисунок 5. Динамика восприятия лиц, Гнев

На более поздних этапах фокус активности вновь смещается в область веретенообразной извилины. Стоит отметить, что это происходит через достаточно большой промежуток времени, в интервале от 360 до 410 мс.

При анализе динамики мозговой активности в процессе восприятия нейтральных и выражающих радость лиц, удалось установить, что в целом, перечисленные ранее структуры и интервалы пиковой латентности характерны для восприятия лиц любой экспрессии. Также, такая динамика не зависит от ошибочной или правильной идентификации лиц различной экспрессии (Рис. 6, 7).



Рисунок 6. Динамика восприятия лиц, Нейтральные

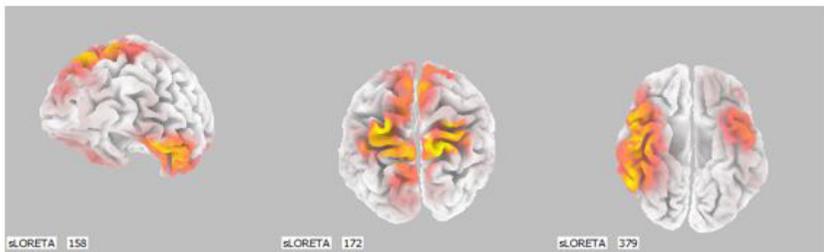


Рисунок 7. Динамика восприятия лиц, Радость

D-волна

При анализе графиков d-волн, волн отражающих разницу биотоков мозга между отведениями со всего скальпа при правильном и ошибочном восприятии экспрессии стимульного материала, удалось установить области, где возникает наибольшее рассогласование в активности мозга между реакциями на правильную и ошибочную идентификацию стимула (рис. 8).

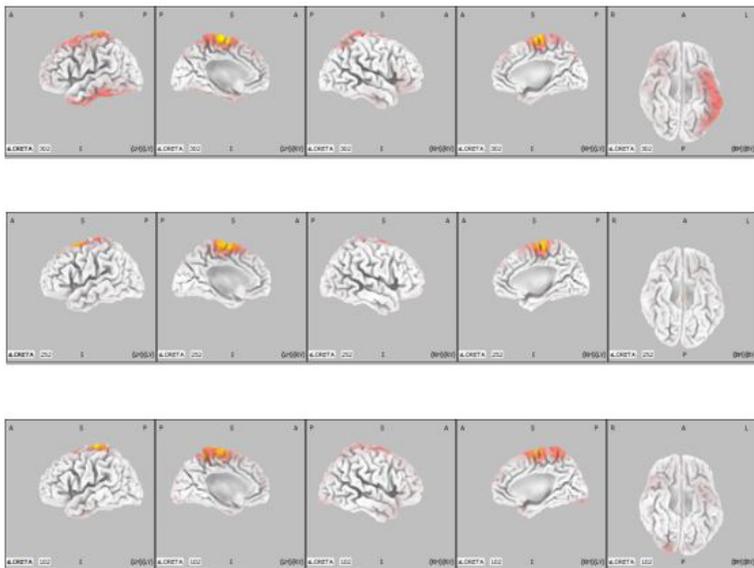


Рисунок 8. Пик d-волны. Гнев, Нейтральные лица, Радость.

Как видно из визуализации пиков d-волн, область возникновения рассогласование идентична для всех видов экспрессии – премоторная зона (6 поле

по классификации Бродмана). Однако при этом интерес вызывает время и величина возникающего рассогласования. На визуализации представлены пики рассогласования с предварительного анализа временных интервалов активности каждого отведения. Для лиц, выражающих гнев, пиковая латентность достигается значительно позже, чем для нейтральных и выражающих радость лиц в интервале 290–310 мс после предъявления стимульного материала. Нейтральные лица имеют пиковую латентность в интервале от 240 до 260 мс. Для радостных лиц интервал составляет от 90 до 110 мс. При этом наибольший уровень рассогласования в процессе правильного и ошибочного восприятия лиц возникает при восприятии лиц, выражающих радость. Наименьший уровень рассогласования возникает при правильном и ошибочном восприятии гневных лиц.

При анализе карт распределения рассогласования активности биотоков по скальпу (рис. 9) наблюдаются определенные отличия как в величине рассогласования, так и в областях его возникновения. Такой результат может быть связан с влиянием глубинных структур мозга на механизм восприятия лиц различной экспрессии, что может быть уточнено при использовании иной программы для локализации фокусов корковой активности.

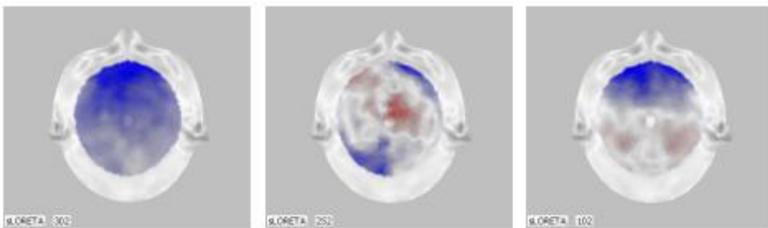


Рисунок 9. Распределение рассогласования активности биотоков по скальпу. Гнев, Нейтральные, Радость

Обсуждение результатов

Полученные результаты исследования, а именно наличие рассогласования между активностью мозга в процессе правильного и ошибочного распознавания лиц различной экспрессии, являются наиболее перспективными с точки зрения новизны. Нам не удалось найти в литературных источниках похожих результатов, данное расхождение в ССП не соотносится ни с одним ранее известным.

Так, например, наиболее известное рассогласование – негативность рассогласования (Mismatch Negativity, MMN), открытое в 1978 году Ристо Хаатаненом, имеет пиковую латентность в интервале от 150 до 250 мс (Хаатанен Р. К., 1998). Пиковая латентность же полученного нами рассогласования достигается в более широком временном окне. При этом первоначальная экспериментальная задача испытуемого не имеет схожих черт с экспериментом Хаатанена.

Негативность, связанная с ошибкой (Error-Related Negativity, ERP), также может иметь отношение к полученным нами данным. Однако соотнесение полученных данных с негативностью, связанной с ошибкой, не обнаружило сходств. Данный компонент, представляет собой резкий отрицательный сигнал, пиковая латентность которого составляет 80–150 мс после двигательной реакции. Определяются сразу несколько отличий: во-первых, в проведенном нами эксперименте у респондента была задача давать вербальный ответ, а не моторный; во-вторых, по своей сути, полученное нами рассогласование имеет положительную полярность, а следовательно, можно говорить о «позитивности, связанной с ошибкой» или «позитивности рассогласования»; в-третьих, временной интервал возникновения расхождений в ССП при правильном и ошибочном восприятии лиц различной экспрессии в значительной степени отличается от характеристик ERP.

Также, нужно отметить, что ранее известные расхождения не имеют эмоциональной специфичности, т. е. характеристики этих компонентов никак не связаны с эмоциональной окраской стимульного материала, в то время как расхождение, обнаруженное нами, отличается в случаях правильного и ошибочного восприятия лиц различной экспрессии.

Природа формирования данного рассогласования может быть связана с тем участком коры, в котором оно формируется – с задней областью дорсальной лобной коры, ответственной за механизмы контроля работы внимания (Jessica A. Michael et al., 2021) и рабочей памяти (Barbey et al., 2013). Таким образом, возникающее расхождение может быть детерминировано отвлекаемостью внимания, эмоциональной значимостью стимула (Schindler, Bublatzky, 2020) или же особенностями механизмов работы рабочей памяти в отношении эмоциональных лиц, что также имеет связь с вниманием.

Выводы и заключение

В ходе проведенного экспериментального исследования и качественного анализа данных, были сделаны следующие выводы:

- Обнаружены отличия в ССП на лица в случае правильной и ошибочной идентификации экспрессии.
- Расхождения ССП возникают во временном окне от 100 до 300 мс и различны для разных экспрессий по времени и величине.

– Обнаруженные отличия ССП связаны с активностью в области задней части дорсальной лобной коры, которую связывают с механизмами когнитивного контроля рабочей памяти.

Также, были намечены пути дальнейшего развития нашего исследования, возможно, с проведением дополнительных экспериментов для проверки новых гипотез.

Литература

- Наатанен, Р.К. (1998). *Внимание и функции мозга*. Москва: МГУ.
- Пономарев, В.А. (2016). *Скрытые источники электроэнцефалограммы и связанных с событиями потенциалов и их значение*. Санкт-Петербург.
- Barbey, A.K., Koenigs, M., & Grafman, J.H. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex*, 49, 1195–1205. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.022>
- Eimer M. (2011). The face-sensitivity of the n170 component. *Frontiers in human neuroscience*, 5, 119. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00119>
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M., Meyer, D. E., & Donchin, E. (2018). The Error-Related Negativity. *Perspectives on psychological science. Journal of the Association for Psychological Science*, 13(2), 200–204. doi: <https://doi.org/10.1177/1745691617715310>
- Ghuman, A. S., Brunet, N. M., Li, Y., Konecky, R. O., Pyles, J. A., Walls, S. A., Destefino, V., Wang, W., & Richardson, R. M. (2014). Dynamic encoding of face information in the human fusiform gyrus. *Nature communications*, 5, 5672. <https://doi.org/10.1038/ncomms6672>
- Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H., Hawk, S. T., & Van Knippenberg, A. D. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition and emotion*, 24(8), 1377–1388. <https://doi.org/10.1080/02699930903485076>
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). The Karolinska directed emotional faces (KDEF). CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet, 91(630).
- Michael, J. A., Wang, M., Kaur, M., Fitzgerald, P. B., Fitzgibbon, B. M., & Hoy, K. E. (2021). EEG correlates of attentional control in anxiety disorders: A systematic review of error-related negativity and correct-response negativity findings. *Journal of affective disorders*, 291, 140–153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.04.049>
- Norcia, A.M., Appelbaum, L.G., Ales, J.M., Cottureau, B.R., & Rossion, B. (2015). The steady-state visual evoked potential in vision research: A review. *Journal of vision*, 15(6), 4. <https://doi.org/10.1167/15.6.4>
- Olszanowski, M., Pochwatko, G., Kuklinski, K., Scibor-Rylski, M., Lewinski, P., & Ohme, R. K. (2015). Warsaw set of emotional facial expression pictures: a validation

- study of facial display photographs. *Frontiers in psychology*, 5, 1516. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01516>
- Pantic, M., Valstar, M., Rademaker, R., & Maat, L. (2005). Web-based database for facial expression analysis. In 2005 IEEE international conference on multimedia and Expo. <https://doi.org/10.1109/ICME.2005.1521424>
- Rossion, B., Delvenne, J., Debatisse, D., Goffaux, V., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guérit, J.M. (1999). Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study. *Biological Psychology*, 50, 173–189. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00013-7)
- Schindler, S., & Bublatzky, F. (2020). Attention and emotion: An integrative review of emotional face processing as a function of attention. *Cortex*, 130, 362–386. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.06.010>
- Vizioli, L., Foreman, K., Rousselet, G. A., & Caldara, R. (2010). Inverting faces elicits sensitivity to race on the N170 component: a cross-cultural study. *Journal of vision*, 10(1), 1–23. doi: <https://doi.org/10.1167/10.1.15>

References

- Eimer M. (2011). The face-sensitivity of the n170 component. *Frontiers in human neuroscience*, 5, 119. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00119>
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M., Meyer, D. E., & Donchin, E. (2018). The Error-Related Negativity. *Perspectives on psychological science. Journal of the Association for Psychological Science*, 13(2), 200–204. doi: <https://doi.org/10.1177/1745691617715310>
- Ghuman, A. S., Brunet, N. M., Li, Y., Konecky, R. O., Pyles, J. A., Walls, S. A., Destefino, V., Wang, W., & Richardson, R. M. (2014). Dynamic encoding of face information in the human fusiform gyrus. *Nature communications*, 5, 5672. <https://doi.org/10.1038/ncomms6672>
- Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H., Hawk, S. T., & Van Knippenberg, A. D. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition and emotion*, 24(8), 1377–1388. <https://doi.org/10.1080/02699930903485076>
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). The Karolinska directed emotional faces (KDEF). CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet, 97(630).
- Michael, J. A., Wang, M., Kaur, M., Fitzgerald, P. B., Fitzgibbon, B. M., & Hoy, K. E. (2021). EEG correlates of attentional control in anxiety disorders: A systematic review of error-related negativity and correct-response negativity findings. *Journal of affective disorders*, 291, 140–153. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.04.049>
- Naatanen, R.K. (1998). Attention and brain function. Moscow: Moscow State University.

- Norcia, A.M., Appelbaum, L.G., Ales, J.M., Cottureau, B.R., & Rossion, B. (2015). The steady-state visual evoked potential in vision research: A review. *Journal of vision*, 15(6), 4. <https://doi.org/10.1167/15.6.4>
- Olszanowski, M., Pochwatko, G., Kuklinski, K., Scibor-Rylski, M., Lewinski, P., & Ohme, R. K. (2015). Warsaw set of emotional facial expression pictures: a validation study of facial display photographs. *Frontiers in psychology*, 5, 1516. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01516>
- Pantic, M., Valstar, M., Rademaker, R., & Maat, L. (2005). Web-based database for facial expression analysis. In 2005 IEEE international conference on multimedia and Expo. <https://doi.org/10.1109/ICME.2005.1521424>
- Ponomarev, V.A. (2016). Hidden sources of electroencephalogram and event-related potentials and their significance. Saint Petersburg. Barbey, A.K., Koenigs, M., & Grafman, J.H. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex*, 49, 1195–1205. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.022>
- Rossion, B., Delvenne, J., Debatisse, D., Goffaux, V., Bruyer, R., Crommelinck, M., & Guérit, J.M. (1999). Spatio-temporal localization of the face inversion effect: an event-related potentials study. *Biological Psychology*, 50, 173–189. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(99\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(99)00013-7)
- Schindler, S., & Bublatzky, F. (2020). Attention and emotion: An integrative review of emotional face processing as a function of attention. *Cortex*, 130, 362–386. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.06.010>
- Vizioli, L., Foreman, K., Rousselet, G. A., & Caldara, R. (2010). Inverting faces elicits sensitivity to race on the N170 component: a cross-cultural study. *Journal of vision*, 10(1), 1–23. doi: <https://doi.org/10.1167/10.1.15>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов