

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ PSYCHOPHYSIOLOGY



УДК 159.91

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-1-55-67>



UGMHFI

Влияние транскраниальной электростимуляции правой префронтальной и левой веретенообразной коры на распознавание выражения эмоций

Евгений А. Мелешенко¹ , Валерия А. Егорова² ,
Александр А. Вальгерт³

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ Университет Максута Нарикбаева, г. Астана, Казахстан

✉ meleshenko@sfedu.ru

Аннотация

Введение. Распознавание выражений лиц играет важную роль в социальном взаимодействии. Авторы рассматривают вопрос распознавания эмоций, исследуя работу структур головного мозга, ответственных за восприятие эмоций определенной валентности. Накоплено много данных об инвазивных и неинвазивных способах влияния на функционирование данных структур. Однако вопрос о неинвазивном воздействии на структуры, принимающие участие в распознавании выражения лиц, но не ассоциированные с распознаванием эмоций конкретной валентности, изучен недостаточно.

Цель. Изучение особенностей влияния правой префронтальной и левой веретенообразной коры в нормальных условиях и в условиях транскраниальной электрической стимуляции на процесс распознавания визуального выражения эмоций.

Материалы и методы. В исследовании применялись методы записи электроэнцефалограммы с последующим выделением вызванных потенциалов, а также транскраниальная электрическая стимуляция правой латеральной борозды (около Т4), правой префронтальной коры (около F8), правой язычной коры (около Т6). Исследование разделено на 3 этапа: демонстрация фотографий лиц стандартизированных коллекций KDEF, RAFD, WSEFER, выражающих эмоции гнева, печали, радости, страха, удивления, отвращения и нейтральные эмоции, с единовременной записью электроэнцефалографии; проведение транскраниальной электрической стимуляции опытной группы и плацебо контрольной группы; повторное проведение демонстрации фотографий лиц и записи электроэнцефалограммы. Статистическая обработка проводилась с применением метода ANOVA для повторных измерений.

Результаты исследования. Добровольцами в данном исследовании являлись 60 здоровых испытуемых обоих полов в возрасте от 18 до 26 лет. Была обнаружена разница во времени ответа в зависимости от принадлежности к контрольной или опытной группе, а также различия в компонентах вызванных потенциалов N1, N2 и P2 в зависимости от принадлежности к определенным группам и валентности эмоции.

Обсуждение результатов. Полученные результаты объясняются тем, что структуры, связанные с распознаванием эмоций определенной валентности, могут зависеть от функционирования структур, не ассоциированных с распознаванием эмоций конкретной валентности, так как последние предоставляют им информацию о воспринимаемом стимуле. Зависимость функционирования структур, ответственных за идентификацию эмоциональных выражений определенной валентности, может быть объяснена модуляцией их функций со стороны структур головного мозга, не имеющих специализации на конкретной валентности воспринимаемого эмоционального выражения.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, вызванный потенциал, транскраниальная электрическая стимуляция, визуальное распознавание эмоций, интерпретация эмоций

Для цитирования. Мелешенко, Е. А., Егорова, В. А., и Вальгерт, А. А. (2025). Влияние транскраниальной электростимуляции правой префронтальной и левой веретенообразной коры на распознавание выражения эмоций. *Инновационная наука: психология, педагогика, дефектология*, 8(1), 55–67. <https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-1-55-67>

Effects of Transcranial Electrical Stimulation of the Right Prefrontal and Left Spindle Cortex on the Recognition of Emotion Expression

Eugene A. Meleshchenko¹ , Valeria A. Egorova² , Alexander A. Walgert³ 

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

² Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

³ Maqsut Narikbayev University, Astana, Kazakhstan

 meleshenko@sfedu.ru

Abstract

Introduction. Recognition of facial expressions plays an important role in social interaction. The authors consider the issue of emotion recognition by investigating the work of the brain structures responsible for the perception of emotions of a certain valence. Much data has been accumulated on invasive and noninvasive ways of influencing the functioning of these structures. However, the issue of noninvasive influence on structures that take part in the recognition of facial expressions but are not associated with the recognition of emotions of a particular valence is not sufficiently studied.

Objective. To study the peculiarities of the influence of the right prefrontal and left spindle cortex under normal conditions and under conditions of transcranial electrical stimulation on the process of recognizing visual expressions of emotion.

Materials and Methods. The study used electroencephalogram recording with subsequent isolation of evoked potentials, as well as transcranial electrical stimulation of the right lateral sulcus (near T4), right prefrontal cortex (near F8), and right lingual cortex (near T6). The study was divided into 3 stages: demonstration of photographs of faces of standardized collections of KDEF, RAFD, WSEFEP, expressing emotions of anger, sadness, joy, fear, surprise, disgust, and neutral emotions, with simultaneous recording of electroencephalography; transcranial electrical stimulation of the experimental group and placebo control group; repeated demonstration of photographs of faces and recording of electroencephalogram. Statistical processing was performed using the ANOVA method for repeated measurements.

Results. The volunteers in this study were 60 healthy subjects of both sexes, aged 18 to 26 years. Differences in response time were found depending on whether they belonged to the control or experimental group, as well as differences in the components of the evoked potentials N1, N2, and P2 depending on group membership and the valence of the emotion.

Discussion. The results obtained are explained by the fact that structures associated with the recognition of emotions of a particular valence may depend on the functioning of structures not associated with the recognition of emotions of a particular valence, since the latter provide them with information about the perceived stimulus. The dependence of functioning of structures responsible for identification of emotional expressions of a particular valence can be explained by modulation of their functions by brain structures that are not specialized for a particular valence of the perceived emotional expression.

Keywords: electroencephalogram, evoked potential, transcranial electrical stimulation, visual emotion recognition, emotion interpretation

For Citation. Meleshchenko, E. A., Egorova, V. A., & Walgert, A. A. (2025). Effect of transcranial electrical stimulation of the right prefrontal and left spindle cortex on recognition of emotion expression. *Innovative Science: psychology, pedagogy, defectology*, 8(1), 55–67. <https://doi.org/10.23947/2658-7165-2025-8-1-55-67>

Введение

Восприятие лица человека и его эмоций является важным источником информации для социального взаимодействия (Горелов, 2024). Большая часть исследователей, изучающих вопрос мозговых механизмов распознавания выражения эмоций, сосредоточено на вопросе роли структур мозга в процессе распознавания выражения эмоций (Kropf et al., 2019). Ими рассматриваются вопросы роли (Diano et al., 2017) и функций конкретных структур головного мозга в процессе распознавания визуального выражения эмоций лица человека (Motomura et al. 2019), а также роли межполушарной асимметрии головного мозга в данном процессе (Li et al, 2021). Однако в литературе не так много внимания уделяется структурам, участвующим в распознавании выражения эмоций, но не ассоциированным с распознаванием эмоций конкретной валентности. В данной статье предлагается рассмотреть процесс распознавания визуального выражения эмоций лица человека с позиции структур коры больших полушарий головного мозга, участвующих в данном процессе, но не ассоциированных с распознаванием эмоций конкретной валентности, на примере правой префронтальной и левой веретенообразной коры (Soulier et al., 2023). Транскраниальная электрическая стимуляция данных структур позволит сравнить их работу в нормальном состоянии и состоянии активации выше нормального, что может позволить лучше понять работу системы распознавания выражения эмоций лица человека (Vergallito et al., 2018).

Восприятие эмоций. Восприятие эмоций другого человека является важным фактором в осуществлении межличностного общения и взаимодействия (Горелов, 2024). Эволюционная роль восприятия эмоций заключается в адаптации и приспособлении к условиям среды, определении и дифференциации положительных и отри-

цательных стимулов и развития системы реагирования на них. Также, не менее важной считается роль эмоций как сигнальной системы, позволяющей осуществить взаимодействие индивидов (Сериков, 2018). Поиск методов воздействия на восприятие эмоций представляется интересным для осуществления деятельности, тесно связанной с необходимостью межличностного взаимодействия. В литературе процесс восприятия и категоризации эмоций описан достаточно подробно. Отмечается тесная взаимосвязь между восприятием собственных эмоций и способностью воспринимать эмоции другого человека (Motomura et al., 2019). Для классификации эмоций нами была использована циркумplexная теория эмоций, исходя из удобства ее применения в психофизиологических исследованиях. Модель Рассела (Cha, 2017) предполагает, что валентность и активация являются независимыми биполярными измерениями. В рамках теории Рассел и соавторы выделили 7 основных эмоций (нейтральность, страх, удивление, гнев, отвращение, печаль, радость) которые и были использованы нами в качестве предлагаемых объектов для категоризации. Само восприятие выражений эмоций лица человека представляется сложным явлением, охватывающим разные параллельно идущие процессы, как собственно восприятие лица, так и процессы категоризации выражений лица по их эмоциональным и семантическим категориям (Барабанщиков, 2020).

Возможность воздействия на восприятие выражений лиц хорошо описана при прямой электрической стимуляции, осуществление которой ограничивается специфическими условиями клинической практики (Lewis et al., 2007; Bujarski, 2022). В целях изучить возможность ТЭЛ воздействовать на восприятие выражений лиц человека, необходимо определить мишени для данного воздействия, связанные с процессом распознавания и категоризации эмоций. Данными мишенями представляются специфические отделы головного мозга, принимающие участие в описанном процессе.

Зоны распознавания эмоций лиц. Физиологически, распознавание эмоций лица человека осуществляется рядом образований, относящихся как к корковым, так и к подкорковым структурам головного мозга. Многие авторы отмечают, что в данном процессе важную функцию играют нейронные субстраты правой вентральной префронтальной коры (Steimer, 2002), левой боковой веретенообразной коры и правой языковой коры (Kawasaki, 2012), передней островковой коры (Gu, 2013).

Правая вентральная префронтальная кора, по данным исследований, активируется при решении задач, связанных с распознаванием эмоций лица, игнорируя при этом иные задачи, связанные с распознаванием лиц и вербальными факторами. Авторы сходятся во мнении, что данная область головного мозга принимает участие в невербальной эмоциональной обработке поступающей визуальной информации (Steimer, 2002). В литературе можно обнаружить, что правая вентральная префронтальная кора активируется в момент распознавания эмоций лица, оценки привлекательности лиц, при этом не проявляя активности выше уровня покоя при задачах, связанных с распознаванием гендера. Отсутствие ответа описанной области коры головного мозга на вербальные задачи объясняется необходимостью в подобных задачах активного взаимодействия обоих полушарий (Steimer, 2002; Maclean, 1952). Вместе с отсутствием корреляции активности правой вентральной префронтальной коры с задачами на вербальное распознавание эмоций многие авторы полагают, что она связана с сознательной оценкой эмоций. Эти выводы подтверждаются тем, что нейронная активность в данной области коры отрицательно коррелирует с нейронной активностью в миндалинах. Таким образом, правая вентральная префронтальная кора подавляет эмоциональные реакции, генерируемые миндалевидным телом, будучи связана с сознательной оценкой эмоций. Связь с сознательной обработкой эмоций также подтверждается в исследованиях на категоризацию и сопоставление эмоций лиц человека, которые показывают активацию данной области коры головного мозга (Narumoto, 2000).

Левая боковая веретенообразная кора и правая языковая кора также значительно активируются при задачах на распознавание эмоций лиц, но также авторы указывают, что наблюдается меньшая их активация на задачи распознавания гендера и вербальные задачи. Данные результаты авторы интерпретируют как означающие, что данные зрительные ассоциативные зоны коры головного мозга принимают участие в распознавании лиц, но не являются специфичными для обработки эмоций как таковых. Таким образом, левая боковая веретенообразная кора и правая языковая кора участвуют в процессе сопоставления выражения лица с его словесным описанием, что требует большей затраты ресурсов, чем сопоставление выражений лица друг с другом без посредничества словесных описаний. При этом, как в случае положительных, так и отрицательных эмоций отмечается сравнительно низкая активность миндалины, что объясняется ослаблением бессознательной обработки эмоций лица, которое возникает при определенном уровне напряжения сознательной обработки (Narumoto, 2000).

Передняя островковая кора, как показывают авторы, играет значительную роль в восприятии внутренних изменений организма (интерорецепции) и интерпретации информации об окружающей среде, что представляется важным в процессе распознавания эмоций. Данное мнение подтверждается исследованиями ФМРТ, показавшими, что правая островковая кора активируется при осознании человеком своих собственных эмоций и телесных состояний (Motomura et al., 2019). Также, результаты нейробиологических исследований показывают ухудшение распознавания эмоций по выражению лица, особенно распознавание отвращения, при повреждениях данной области мозга (Adolphs, 2000; Dal Monte, 2013). Таким образом, авторы показывают, что передняя островковая кора играет значимую роль в распознавании собственных эмоций человека и эмоций других людей вне зависимости от их категории (Narumoto, 2000). Отмечается, что передняя островковая кора имеет взаимообратные связи с лобной и передней височной корой, а задняя островковая кора имеет аналогичные связи с теменной и задней височной корой (Dennis et al., 2013). Передняя островковая кора связана с когнитивной и социально-эмоциональной

обработкой, а задняя островковая кора связана с сенсомоторной обработкой (Kurth et al., 2010). Таким образом, островковая кора имеет важное значение для интеграции мультимодальной сенсорной информации с высокоуровневой когнитивной обработкой (Narumoto, 2000).

Исследования электрической стимуляции передней островковой коры хорошо описываются циркумplexной моделью эмоций. Согласно данной модели эмоции могут быть сгруппированы на графике по таким показателям, как валентность и возбуждение. В исследованиях с электрической стимуляцией выяснилось, что островковую кору можно справедливо считать нервным субстратом, определяющим уровень возбуждения, отраженный в циркумplexной модели эмоций (Lewis et al., 2007; Berntson et al., 2011). Аналогичные результаты получили авторы, исследующие влияние изменения кровотока в островковой коре – в случае уменьшения кровотока, происходит притупление интерорецепции, которая является основой для распознавания уровней возбуждения (Khalsa et al., 2009). Аналогично, при электрической стимуляции передней островковой коры интерпретация эмоций сдвигается в сторону большего возбуждения, чем данная эмоция действительно является. Однако, данная область головного мозга связана именно с оценкой уровня возбуждения той или иной эмоции и, видимо, не затрагивает категоризацию эмоции по ее валентности (Narumoto, 2000).

Таким образом, **целью** данной работы является изучение особенностей влияния правой префронтальной и левой веретенообразной коры в нормальных условиях и в условиях транскраниальной электрической стимуляции на процесс распознавания визуального выражения эмоций, оцениваемый через время, необходимое для осуществления процесса восприятия выражения эмоций и предоставление ответа о категоризации того или иного выражения эмоций, а также через электрическую активность головного мозга в виде вызванных потенциалов, фиксируемых во время распознавания. Данное исследование позволяет расширить представление о механизмах работы мозга в процессе распознавания визуального выражения эмоций лица человека, а также проверяет возможность потенциального воздействия на данные механизмы неинвазивными методами, что может иметь значение для разработки методов коррекции расстройств эмоционального восприятия и поведения.

Материалы и методы

Добровольцы прошли инструктаж, в котором им разъяснялись применяемые в исследовании методы, принципы работы оборудования, объяснялись механизмы регистрации электроэнцефалографии (ЭЭГ), а также воздействия транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС). Каждый доброволец подписывал информированное согласие на участие в исследовании, в котором указывались права добровольца прекратить свое участие в исследовании в любой момент времени без объяснения причин, обязательство экспериментатора анонимизировать полученные результаты, обеспечить конфиденциальность участников исследования, а также указывались возможные риски проводимого эксперимента. Исследование проводилось в несколько этапов с разделением на контрольную и опытную пробы. В контрольной пробе происходило наложение электродов для транскраниальной электрической стимуляции, включался прибор для ТЭС, производилась его настройка, однако, процедура самой ТЭС не производилась; в опытной группе происходили все указанные этапы работы с прибором для ТЭС с последующим запуском процедуры. Транскраниальная электрическая стимуляция (ТЭС) осуществлялась с помощью оборудования для ТЭС Магнот-СЛИП. Длительность транскраниальной электрической стимуляции составляла 30 минут. Сила подаваемого аппаратом для ТЭС постоянного электрического тока определялась для каждого добровольца индивидуально на уровне ниже болевого порога (не выше 0,70 мА); болевой порог определялся по устному отчету добровольца. Электроды для ТЭС помещались на скальп в области правой латеральной борозды около Т4, правой префронтальной коры около F8 и правой язычной коры около Т6.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) регистрировалась с использованием электроэнцефалографа Нейровизор БММ-40. Для этой процедуры применялась классическая система размещения электродов ЭЭГ «10–20», где электроды FP1 и FP2 были исключены из-за большого количества артефактов, вызванных глазодвигательной активностью при предъявлении изображений лиц, выражающих эмоции. Визуальные стимулы были представлены с помощью программного кода на языке Python, использующего функции библиотеки PsychoPy. Реакции испытуемых на стимулы регистрировались с помощью компьютерной мыши. Для точной синхронизации отображения визуальных стимулов на экране с моментом их предъявления использовался фотосинхронизатор, подключенный к триггерному каналу энцефалографа. Стимулы представляли собой набор фотографий лиц, взятых из стандартизированных коллекций KDEF, RAFD и WSEFEP. Каждое изображение было адаптировано по размеру, яркости и контрасту. Были сформированы два банка фотографий, в каждом из которых содержалось по 320 изображений, представляющих следующие эмоции: гнев, нейтральные, печаль, радость, страх, удивление и отвращение.

Эмпирическая часть исследования была структурирована на три этапа. На первом этапе проводилось предъявление стимулов, включающее регистрацию электроэнцефалограммы, оценку скорости и точности интерпретации представленных стимулов (фотографий лиц, демонстрирующих различные эмоции) из первого банка фотографий, состоящего из 320 изображений. Участникам предлагалось определить негативные (100 фотографий), нейтральные (120 фотографий) и позитивные (100 фотографий) выражения лиц. На втором этапе проводилось воздействие, которое включало наложение электродов для транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС). В зависимости от принадлежности участника к опытной или контрольной группе ТЭС либо проводилась, либо имитировалась. Во время проведения ТЭС не осуществлялась процедура регистрации ЭЭГ, и участникам предло-

ставлялось время на отдых. На третьем этапе повторно предъявлялись стимулы, а также проводилась регистрация ЭЭГ. Оценивалась скорость и точность интерпретации представленных стимулов (фотографий лиц) из второго банка фотографий, также состоящего из 320 изображений, отражающих эмоции.

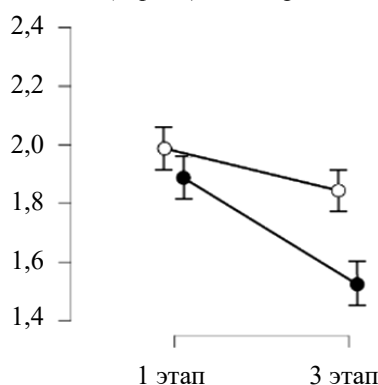
Полученные данные проходили предварительную обработку для удаления артефактов и выбросов, после чего подвергались статистическому анализу. Для анализа использовались дисперсионный анализ ANOVA и анализ связанных с событием потенциалов (ССП) с уровнем значимости 0,05. Анализ осуществлялся в среде MatLab R2018b с помощью инструментов EEGLab 2022.0. Усреднение вызванных потенциалов (ВП) осуществлялось во временном интервале от –200 мс до предъявления стимула и до 500 мс после его предъявления.

Результаты исследования

Добровольцами в данном исследовании являются 60 здоровых испытуемых обоих полов (мужчин – 22, женщин – 38), в возрасте от 18 до 26 лет (20,6 – средний возраст добровольцев), являющихся студентами Южного федерального университета. Во время первого этапа исследования участники контрольной группы демонстрировали среднее время реакции на стимулы в 2,01 секунды, в то время как участники опытной группы – в 1,89 секунды. Однако наблюдаемые различия во времени реакции между этими группами на первом этапе не достигли уровня статистической значимости ($p < 0,05$), что указывает на сходство в реакции обеих групп участников. На третьем этапе исследования среднее время реакции на стимулы составило 1,90 секунды для контрольной группы и 1,57 секунды для опытной группы. Обнаруженные различия во времени реакции на этом этапе исследования являются статистически значимыми ($p < 0,05$), что подтверждает различия в реакции на стимулы между контрольной и опытной группами участников (рисунок 1).

Рисунок 1

Среднее время определения эмоции опытной (черное) и контрольной групп (белое)

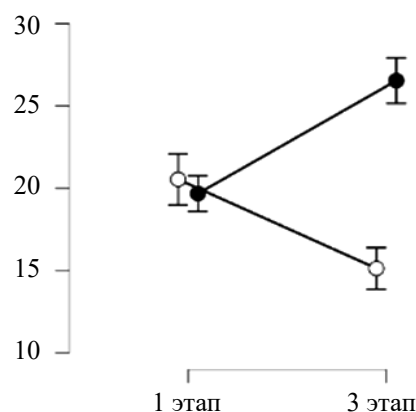


Среднее количество ошибок в определении визуального выражения эмоций лица человека составило 21,2 для участников контрольной группы и 19,2 для участников опытной группы во время первого этапа исследования. Эти показатели не демонстрируют статистически значимых различий ($p < 0,05$), что свидетельствует об однородности обеих групп участников. На третьем этапе исследования среднее количество ошибок составило 16,5 для контрольной группы и 22,3 для опытной группы. Наблюдаемые различия в количестве ошибок на этом этапе исследования являются статистически значимыми ($p < 0,05$), что указывает на различия в эффективности определения визуального выражения эмоций между контрольной и опытной группами участников (рисунок 2).

При сопоставлении показателей вызванных потенциалов (ВП) между участниками контрольной и опытной групп до и после плацебо и транскраниальной электрической стимуляции (ТЭЛ), соответственно, не обнаружено статистически значимых различий. Однако были выявлены различия на уровне статистической тенденции ($p < 0,10$) по некоторым отведениям (Т4, О2) во временном интервале около 280–300 мс после предъявления стимула, а также статистически значимые различия ($p < 0,05$) по другим отведениям (Р3, Р4, О2, С3, С4, Сз, Т3) во временном интервале около 250–300 мс после предъявления стимула. Данные результаты говорят об отсутствии значимых различий между представителями контрольной и опытной групп добровольцев на 1 этапе исследования, что может означать некоторую однородность данных выборок. Различия, отмечаемые после плацебо и ТЭЛ могут говорить о значимом наличии воздействия ТЭЛ на представителей опытной группы добровольцев. При сравнении ВП представителей контрольной группы до и после плацебо получены различия на уровне статистической тенденции ($p < 0,10$) по отведениям F8, Т6, О1, О2, касающиеся периодов времени ~80–100 мс и свыше ~330 мс после предъявления стимула. Данные различия затрагивают следовые потенциалы ВП и компонент ВП N1, однако, не являются статистически значимыми ($p < 0,10$). Указанные различия могут говорить о наличии влияния плацебо, прослеживаемого на уровне статистической тенденции, однако статистически значимых различий обнаружено не было.

Рисунок 2

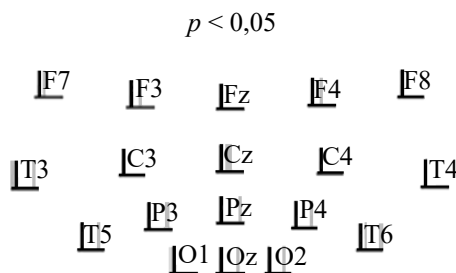
Среднее количество ошибок при распознавании эмоций опытной (черное) и контрольной групп (белое)



При сравнении ВП представителей опытной группы добровольцев до и после ТЭС обнаружены статистически значимые различия ($p < 0,05$) в зависимости от характера предъявляемых стимулов. При восприятии негативных выражений лиц различия наблюдались по отведениям F3, Cz, F7, касающиеся периодов времени ~100–130 мс и ~150–210 мс после предъявления стимулов (рисунок 3).

Рисунок 3

Сравнение расположения ВП, показывающих статистически значимую разницу до и после ТЭС при распознавании негативных эмоций



Для компонента P2 не выявлено различий во времени появления у участников опытной группы до и после применения транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС), однако наблюдаются различия в амплитуде у представителей опытной группы до и после ТЭС (рисунок 4; рисунок 5). Эти изменения могут быть связаны с ориентацией внимания на семантическую категорию стимула. При активации внимания, сосредоточенного на семантических категориях, можно наблюдать уменьшение латентности других потенциалов. Компонент P2 может проявляться в случаях, когда обработка стимулов затрагивает различные уровни перцептивного анализа (Luck, 1994).

Рисунок 4

Сравнение ВП, отведение Cz до (черное) и после (красное) ТЭС при распознавании негативных эмоций

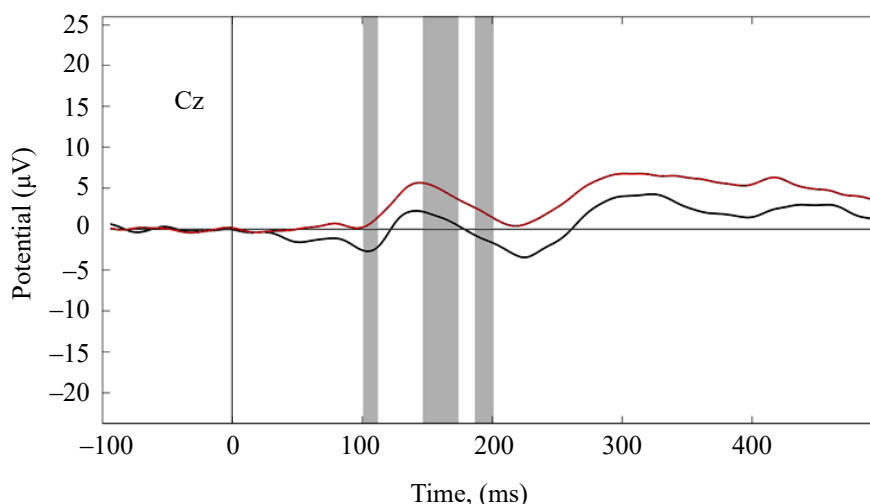
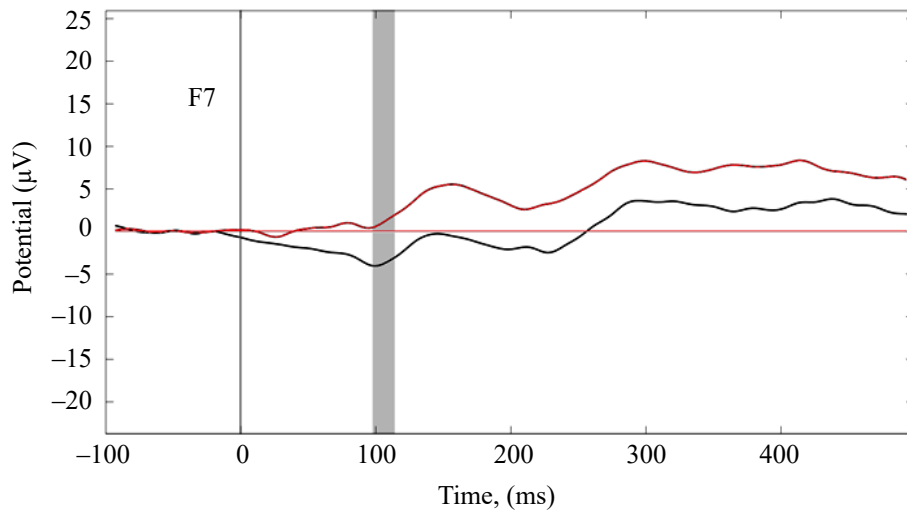


Рисунок 5

Сравнение ВП, отведение F7 до (черное) и после (красное) ТЭС при распознавании негативных эмоций



При восприятии нейтральных выражений лиц различия наблюдались по отведениям Т5, Р3, касающиеся периода времени ~150–200 мс после предъявления стимулов. У представителей опытной группы после применения транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС) отмечается относительное увеличение негативности компонента N2 по сравнению с теми же участниками до ТЭС (рисунок 6; рисунок 7). Однако на момент возникновения данного компонента наблюдается отсутствие различий у представителей опытной группы до и после применения ТЭС. Компонент N2 проявляется в активации процессов рабочей памяти и коррекции процесса сложной сенсомоторной реакции (Luck, 1994).

Рисунок 6

Сравнение расположения ВП, показывающих статистически значимую разницу до и после ТЭС при распознавании нейтральных эмоций

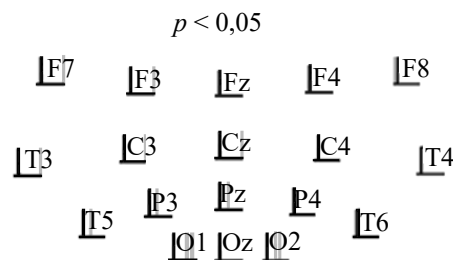
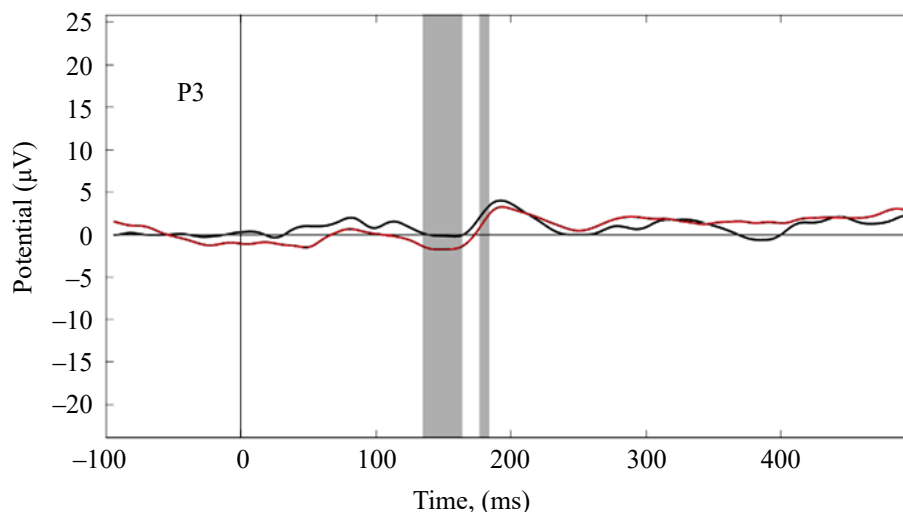


Рисунок 7

Сравнение ВП, отведение P3 до (черное) и после (красное) ТЭС при распознавании нейтральных эмоций



При восприятии позитивных выражений лиц различия наблюдались по отведениям C3, C4, Cz, Pz, T5, касающиеся периодов времени ~140–230 мс, ~ 250–300 мс после предъявления стимулов (рисунок 8). По компоненту P2 не наблюдается различий во времени появления у представителей опытной группы до и после ТЭС (рисунок 9), различия проявляются в некотором увеличении негативности. Можно предположить, что изменения в компоненте P2 могут быть обусловлены сосредоточенностью внимания на семантической категории стимула. При активации внимания, направленного на семантические категории, наблюдается снижение латентности других потенциалов. Компонент P2 может проявляться в случаях, когда обработка стимулов включает различные уровни перцептивного анализа. Отмечается относительное увеличение негативности компонента N2 у участников опытной группы после применения транскраниальной электрической стимуляции (ТЭС) по сравнению с их показателями до ТЭС. Однако в момент возникновения данного компонента не наблюдаются различия у участников опытной группы до и после ТЭС. Компонент N2 проявляется при активации процессов рабочей памяти и корректировке процесса сложной сенсомоторной реакции.

Рисунок 8

Сравнение расположения ВП, показывающих статистически значимую разницу до и после ТЭС при распознавании позитивных эмоций

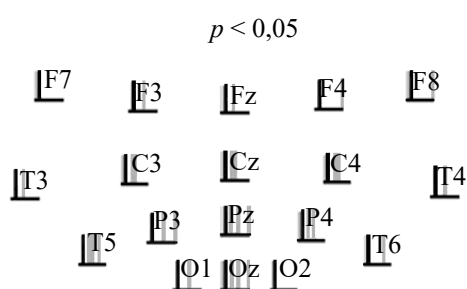
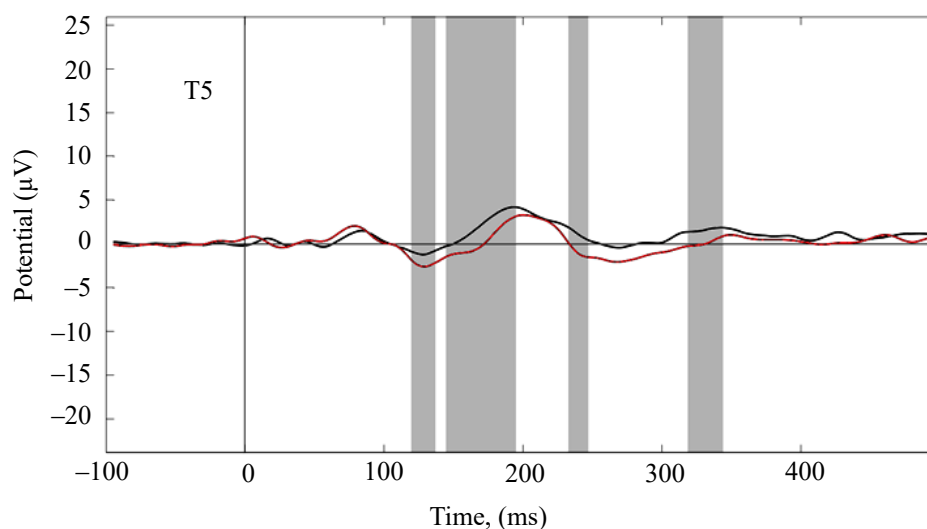


Рисунок 9

Сравнение ВП, отведение T5 до (черное) и после (красное) ТЭС при распознавании негативных эмоций



Обсуждение результатов

Целью данного исследования выступало изучение особенностей влияния правой префронтальной и левой веретенообразной коры в нормальных условиях и в условиях транскраниальной электрической стимуляции на процесс распознавания визуального выражения эмоций. Транскраниальной электрической стимуляции подвергались правая латеральная борозда (около T4), правая префронтальная кора (около F8) и правая язычная кора (около T6). Данные структуры отличаются тем, что не являются ассоциированным с распознаванием эмоций конкретной валентности, но участвуют в общих процессах распознавания эмоций на лице человека (Soulier et al., 2023).

Различия скорости и качества визуального определения выражений лиц человека показывают уменьшение необходимого для данного определения времени, при этом снижая его качество при ТЭС вышеуказанных областей скальпа. Данные результаты могут объясняться тем, что электрический ток, проходя через моторные зоны коры головного мозга, оказывал на них стимулирующее воздействие, уменьшая необходимое время для сложной зрительно-моторной реакции. Одновременно с этим, воздействие анодным током на переднюю островковую

кору, показанную зоной, уменьшающей восприятие таких негативных эмоций, как отвращение (Adolphs, 1996; Dal Monte, 2013), внесло некоторые нарушения в сам процесс восприятия и обработки информации вследствие, вероятно, их большей активации, что и могло повлечь указанное уменьшение качества распознавания выражений лиц. Похожие результаты были обнаружены авторами при анодной стимуляции правой венстролатеральной префронтальной коры (Vergallito, 2018). Однако, правая венстролатеральная префронтальная кора играет роль в собственно регулировании негативных эмоций, связанных с предотвращением опасных ситуаций, в то время как мы стимулировали зоны мозга, не связанные с распознаванием какой-либо конкретной категории эмоций.

Данные, полученные с помощью электроэнцефалографии, показали, что ТЭС приводит к значимым изменениям в компонентах ВП N1, N2 и P2: наблюдаются различия во времени возникновения данных компонентов, а также изменения их амплитуды. К похожим выводам приходили другие авторы, отмечая значение указанных компонентов в процессах распознавания лиц и формирования эмоциональной реакции (Алексеева и др., 2017; Кирасирова и др., 2021).

Изменения компонента ВП N1 наблюдались при анализе восприятия негативных выражений лиц по отведениям Cz и F7, и сопровождалось несколько более ранним появлением данного компонента и некоторым увеличением его амплитуды относительно данных, полученных до проведения ТЭС. Наблюдения подобных изменений исключительно в случае восприятия негативных стимулов, что может говорить о увеличении роли процессов внимания и изменения процесса обработки лиц (Алексеева и др., 2017) в связи с анодной стимуляцией правой латеральной борозды, правой префронтальной коры и правой язычной коры. Можно предположить, что данная стимуляция могла спровоцировать запредельное торможение данных областей коры, что требует дополнительных исследований.

Значимые изменения по компоненту ВП N2 наблюдались при предъявлении всех вариантов стимулов: F3, Cz при предъявлении негативных выражений лиц; T5, P3 при предъявлении нейтральных выражений лиц; C3, C4, Cz, Pz, T5 при предъявлении позитивных лиц. С учетом равной представленности разнообразия стимульного материала на первом и третьем этапах исследования, можно сделать вывод, что изменения амплитуды компонента ВП N2 связано с активацией процессов внимания и повышением когнитивной нагрузки. Предполагается, что вышеуказанная анодная стимуляция и снижение качества распознавания выражения лиц способствуют напряжению и ухудшению работы всего механизма распознавания выражения эмоций лица человека, так как данные изменения фиксировались во всех группах представленных стимулов. Такое предположение может подтверждаться данными об устойчивости данного компонента к манипуляции с нагрузкой и высоким уровнем автоматизации на данном этапе обработки. Подобные данные получили авторы, указывающие на отклонение в сторону большей негативности N2 при восприятии страха по сравнению с нейтральными выражениями лица (Schindler et al., 2021).

Изменения амплитуды компонента P2 наблюдалось также при восприятии всех групп стимулов: по отведению Cz при восприятии негативных стимулов; по отведению T5 при восприятии нейтральных стимулов; по отведениям C3, C4, Cz, T5 при восприятии позитивных стимулов. Данные результаты могут указывать на увеличение активности нейронной сети, ответственной за восприятие и семантическую категоризацию эмоционально значимых неоднородных стимулов при проведении вышеописанной анодной стимуляции. Вероятно, данные результаты также могут свидетельствовать об указанном выше повышении напряженности системы распознавания и категоризации визуальных эмоционально значимых стимулов. Роль компонента P2 в данной системе подтверждается другими авторами, указывающими на его значение для правильности и скорости определения выражения лица (Kosonogov et al., 2022).

Интересным является фиксация статистически значимых различий по отведениям электроэнцефалограммы: в ответ на демонстрацию негативных выражений лиц наблюдается изменение биоэлектрической активности в основном лобных отведениях; нейтральных – левой височной области; позитивных – центральной борозды и левой височной области. При сравнении данных электроэнцефалограммы до и после ТЭС обнаруживается отсутствие или, по крайней мере, слабая выраженность компонента ВП P3 одновременно с выраженностью компонента ВП P2. Эти результаты могут говорить об отсутствии необходимости экстренной категоризации воспринимаемых стимулов (Simson, 1976), то есть данные стимулы до и после ТЭС были знакомы и легко категоризовались, но при этом, сами процессы категоризации были активны. Значимое изменение компонента P2 наблюдалось в ответ на оценку позитивных выражений лиц на фотографиях.

При сравнении амплитуды компонентов ВП можно заметить, что при восприятии позитивных выражений лиц до ТЭС позитивность выше в сравнении с восприятием нейтральных выражений лиц. В свою очередь, восприятие нейтральных выражений лиц до ТЭС показывают большую позитивность в сравнении с восприятием негативных выражений лиц. После проведения ТЭС данные показатели меняются: позитивность при восприятии негативных выражений лиц оказывается выше в сравнении с восприятием нейтральных выражений лиц, а восприятие нейтральных выражений лиц показывает позитивность выше в сравнении с восприятием позитивных выражений лиц. Данные показатели, вероятно, могут говорить об увеличении активности системы распознавания и категоризации эмоционально значимых стимулов при восприятии негативных выражений лиц, одновременно сопровождающейся снижением аналогичной активности при восприятии позитивных выражений лиц после ТЭС.

Можно предположить, что воздействие описанной схемы ТЭС может приводить к изменениям в работе системы восприятия и категоризации визуального выражения эмоций при предъявлении неоднородных стимулов. Учитывая схему постановки электродов и полученные результаты, можно предположить, что увеличение активации или, если имело место быть, запредельное торможение правой латеральной борозды, правой префронтальной коры и правой язычной коры могут вносить погрешности в работе всего механизма восприятия и категоризации выражений лиц человека.

Заключение. Описанные результаты демонстрируют комплексную работу всей системы распознавания выражений лиц человека и, соответственно, влияние зон, не ассоциированных с распознаванием эмоций конкретной валентности, на распознавание выражений лица. Можно предположить, что распознавание выражения лица представляет собой процесс слаженной работы всех структур мозга, ответственных за распознавание эмоций всех валентностей вне зависимости от конкретно воспринимаемой эмоции. Структуры же, участвующие в данном процессе, но не ассоциированные с распознаванием эмоций конкретной валентности, вероятно, участвуют в подготовке и обработке информации, которая затем должна интерпретироваться зонами, связанными с конкретной валентностью.

Изменение функционирования структур, не связанных с определенной валентностью, таким образом, косвенно приводит к изменению результата работы структур головного мозга, ответственных за распознавание конкретных валентностей эмоций. Это может быть связано с тем, что структурам, связанным с определенной валентностью, видимо, передаются сигналы, определенным образом настраивающие их работу, либо же сами эти сигналы являются для них входными данными, изменение которых приводит к изменению результата обработки.

Список литературы

- Алексеева, Д. С., Ермаков, П. Н., Бабенко, В. В., и Явна, Д. В. (2017). Исследование с помощью вызванных потенциалов функциональной эквивалентности механизмов восприятия и генерации эмоций. *Российский психологический журнал*, 14(4), 97–120. <https://doi.org/10.21702/rpj.2017.4.5>
- Барабанщиков, В. А., и Королькова, О. А. (2020). Восприятие экспрессий «живого» лица. *Экспериментальная психология*, 13(3), 55–73. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130305>
- Горелов, В. Ю. (2024). Распознавание эмоций молодыми людьми с ограниченными возможностями здоровья. *Инновационная наука: Психология. Педагогика. Дефектология*, 7(2), 50–63. <https://doi.org/10.23947/2658-7165-2024-7-2-50-63>
- Кирасирова, Л. А., Захаров, А. В., Морозова, М. В., Kaplan, A. Ya., и Пятин, В. П. (2021). Корреляты ERP при обработке эмоциональных лиц в виртуальной реальности. *Opera Medica et Physiologica*, 8(3), 12–19. <https://doi.org/10.24412/2500-2295-2021-3-12-19>
- Сериков, А. Е. (2018). Ч. Дарвин о выражении эмоций: судьба основных идей. *Вестник самарской гуманитарной академии. Серия: философия. Филология*, 2(24), 30–40.
- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1996). Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of The Society for Neuroscience*, 16(23), 7678–7687. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-23-07678.1996>
- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of The Society for Neuroscience*, 20(7), 2683–2690. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-07-02683.2000>
- Berntson, G. G., Norman, G. J., Bechara, A., Bruss, J., Tranel, D., & Cacioppo, J. T. (2011). The insula and evaluative processes. *Psychological Science*, 22(1), 80–86. <https://doi.org/10.1177/0956797610391097>
- Bujarski, A. K., Song, Y., Xie, T., Leeds, Z., Kolankiewicz, S. I., Wozniak, G. H., Guillory, S., Aronson, J. P., Chang, L., & Jobst, B. C. (2022). Modulation of emotion perception via amygdala stimulation in humans. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.795318>
- Cha, H-t., & Han, E-h. (2017). A novel method for emotional dimension in affective science using expansion of Russell's model. Korean Society for Emotion and Sensibility. *Korean Society for Emotion and Sensibility*, 20(1), 75–82. <https://doi.org/10.14695/KJSOS.2017.20.1.75>
- Dal Monte, O., Krueger, F., Solomon, J. M., Schintu, S., Knutson, K. M., Strenziok, M., Pardini, M., Leopold, A., Rayment, V., & Grafman, J. (2013). A voxel-based lesion study on facial emotion recognition after penetrating brain injury. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(6), 632–639. <https://doi.org/10.1093/scan/nss041>
- Diano, M., Tamietto, M., Celeghin, A., Weiskrantz, L., Tatu, M. K., Bagnis, A., Duca, S., Geminiani, G., Cauda, F., & Costa, T. (2017). Dynamic changes in amygdala psychophysiological connectivity reveal distinct neural networks for facial expressions of basic emotions. *Scientific Reports*, 7, 45260. <https://doi.org/10.1038/srep45260>
- Gu, X., Hof, P. R., Friston, K. J., & Fan, J. (2013). Anterior insular cortex and emotional awareness. *The Journal of Comparative Neurology*, 521(15), 3371–3388. <https://doi.org/10.1002/cne.23368>

- Kawasaki, H., Tsuchiya, N., Kovach, C. K., Nourski, K. V., Oya, H., Howard, M. A., & Adolphs, R. (2012). Processing of facial emotion in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6), 1358–1370. https://doi.org/10.1162/jocn_a.00175
- Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Feinstein, J. S., & Tranel, D. (2009). The pathways of interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, 12(12), 1494–1496. <https://doi.org/10.1038/nn.2411>
- Kosonogov, V., Kovsh, E., & Vorobyeva, E. (2022). Event-related potentials during verbal recognition of naturalistic neutral-to-emotional dynamic facial expressions. *Applied Sciences*, 161, 108056. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108056>
- Kropf, E., Syan, S. K., Minuzzi, L., & Frey, B. N. (2019). From anatomy to function: the role of the somatosensory cortex in emotional regulation. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 41(3), 261–269. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2018-0183>
- Lewis, P. A., Critchley, H. D., Rotshtein, P., & Dolan, R. J. (2007). Neural correlates of processing valence and arousal in affective words. *Cerebral cortex*, 17(3), 742–748. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhk024>
- Li, Y., Wang, L., Zheng, W., Zong, Y., Qi, L., & Cui, Z. (2021). A novel bi-hemispheric discrepancy model for eeg emotion recognition. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 13(2), 354–367. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2020.2999337>
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., Woldorff, M. G., Clark, V. P., & Hawkins, H. L. (1994). Effects of spatial cuing on luminance detectability: psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 20(4), 887–904. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.20.4.887>
- Maclean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 4(4), 407–418. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(52\)90073-4](https://doi.org/10.1016/0013-4694(52)90073-4)
- Motomura, K., Terasawa, Y., Natsume, A., Iijima, K., Chalise, L., Sugiura, J., Yamamoto, H., Koyama, K., Wakabayashi, T., & Umeda, S. (2019). Anterior insular cortex stimulation and its effects on emotion recognition. *Brain structure & function*, 224(6), 2167–2181. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01895-9>
- Narumoto, J., Yamada, H., Iidaka, T., Sadato, N., Fukui, K., Itoh, H., & Yonekura, Y. (2000). Brain regions involved in verbal or non-verbal aspects of facial emotion recognition. *Neuroreport*, 11(11), 2571–2576. <https://doi.org/10.1097/00001756-200008030-00044>
- Schindler, S., Tirloni, C., Bruchmann, M., & Straube T. (2021). Face and emotional expression processing under continuous perceptual load tasks: An ERP study. *Biological Psychology*, 161, 108056. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108056>
- Simson, R., Vaughan, H. G., & Ritter, W. (1976). The scalp topography of potentials associated with missing visual or auditory stimuli. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 40(1), 33–42. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(76\)90177-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(76)90177-2)
- Soulier, H., Mauguière, F., Catenio, H., Montavont, A., Isnard, J., Hermier, M., Guenot, M., Rheims, S., & Mazzola, L. (2023). Visceral and emotional responses to direct electrical stimulations of the cortex. *Annals of clinical and translational neurology*, 10(1), 5–17. <https://doi.org/10.1002/acn3.51694>
- Steimer, T. (2002). The biology of fear- and anxiety-related behaviors. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 4(3), 231–249. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2002.4.3/tsteimer>
- Vergallito, A., Riva, P., Pisoni, A., & Romero Lauro, L. J. (2018). Modulation of negative emotions through anodal tDCS over the right ventrolateral prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 119, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.037>

References

- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1996). Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of The Society for Neuroscience*, 16(23), 7678–7687. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-23-07678.1996>
- Alexeeva, D. S., Ermakov, P. N., Babenko, V. V., & Yavna, D. V. (2017). Investigation by means of evoked potentials of functional equivalence of mechanisms of perception and emotion generation. *Russian Psychological Journal*, 14(4), 97–120. (In Russ.) <https://doi.org/10.21702/rpj.2017.4.5>
- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of The Society for Neuroscience*, 20(7), 2683–2690. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-07-02683.2000>
- Berntson, G. G., Norman, G. J., Bechara, A., Bruss, J., Tranel, D., & Cacioppo, J. T. (2011). The insula and evaluative processes. *Psychological Science*, 22(1), 80–86. <https://doi.org/10.1177/0956797610391097>
- Bujarski, A. K., Song, Y., Xie, T., Leeds, Z., Kolankiewicz, S. I., Wozniak, G. H., Guillory, S., Aronson, J. P., Chang, L., & Jobst, B. C. (2022). Modulation of emotion perception via amygdala stimulation in humans. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.795318>
- Cha, H-t., & Han, E-h. (2017). A novel method for emotional dimension in affective science using expansion of Russell's model. *Korean Society for Emotion and Sensibility*, 20(1), 75–82. <https://doi.org/10.14695/KJSOS.2017.20.1.75>

- Dal Monte, O., Krueger, F., Solomon, J. M., Schintu, S., Knutson, K. M., Strenziok, M., Pardini, M., Leopold, A., Rayment, V., & Grafman, J. (2013) A voxel-based lesion study on facial emotion recognition after penetrating brain injury. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(6), 632–639. <https://doi.org/10.1093/scan/nss041>
- Diano, M., Tamietto, M., Celeghin, A., Weiskrantz, L., Tatu, M. K., Bagnis, A., Duca, S., Geminiani, G., Cauda, F., & Costa, T. (2017). Dynamic changes in amygdala psychophysiological connectivity reveal distinct neural networks for facial expressions of basic emotions. *Scientific Reports*, 7, 45260. <https://doi.org/10.1038/srep45260>
- Drumshchikov, V. A., & Korolkova, O. A. (2020). Perception of “live” face expressions. *Experimental Psychology*, 13(3), 55–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130305>
- Gu, X., Hof, P. R., Friston, K. J., & Fan, J. (2013). Anterior insular cortex and emotional awareness. *The Journal of Comparative Neurology*, 521(15), 3371–3388. <https://doi.org/10.1002/cne.23368>
- Gorelov, V. Y. (2024). Recognition of emotions by young people with disabilities. *Innovative science: psychology. pedagogy. defectology*, 7(2), 50–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.23947/2658-7165-2024-7-2-50-63>
- Kawasaki, H., Tsuchiya, N., Kovach, C. K., Nourski, K. V., Oya, H., Howard, M. A., & Adolphs, R. (2012). Processing of facial emotion in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(6), 1358–1370. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00175
- Kirasirova, L. A., Zakharov, A. V., Morozova, M. V., Kaplan, A. Ya., & Pyatin, V. P. (2021). ERP correlates of emotional face processing in virtual reality. *Opera Medica et Physiologica*, 8(3), 12–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2500-2295-2021-3-12-19>
- Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Feinstein, J. S., & Tranel, D. (2009). The pathways of interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, 12(12), 1494–1496. <https://doi.org/10.1038/nn.2411>
- Kosonogov, V., Kovsh, E., & Vorobyeva, E. (2022). Event-related potentials during verbal recognition of naturalistic neutral-to-emotional dynamic facial expressions. *Applied Sciences*, 161, 108056. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108056>
- Kropf, E., Syan, S. K., Minuzzi, L., & Frey, B. N. (2019). From anatomy to function: the role of the somatosensory cortex in emotional regulation. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 41(3), 261–269. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2018-0183>
- Lewis, P. A., Critchley, H. D., Rotshtein, P., & Dolan, R. J. (2007). Neural correlates of processing valence and arousal in affective words. *Cerebral cortex*, 17(3), 742–748. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhk024>
- Li, Y., Wang, L., Zheng, W., Zong, Y., Qi, L., & Cui, Z. (2021). A novel bi-hemispheric discrepancy model for eeg emotion recognition. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 13(2), 354–367. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2020.2999337>
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., Woldorff, M. G., Clark, V. P., & Hawkins, H. L. (1994). Effects of spatial cuing on luminance detectability: psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 20(4), 887–904. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.20.4.887>
- Maclean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 4(4), 407–418. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(52\)90073-4](https://doi.org/10.1016/0013-4694(52)90073-4)
- Motomura, K., Terasawa, Y., Natsume, A., Iijima, K., Chalise, L., Sugiura, J., Yamamoto, H., Koyama, K., Wakabayashi, T., & Umeda, S. (2019). Anterior insular cortex stimulation and its effects on emotion recognition. *Brain structure & function*, 224(6), 2167–2181. <https://doi.org/10.1007/s00429-019-01895-9>
- Narumoto, J., Yamada, H., Iidaka, T., Sadato, N., Fukui, K., Itoh, H., & Yonekura, Y. (2000). Brain regions involved in verbal or non-verbal aspects of facial emotion recognition. *Neuroreport*, 11(11), 2571–2576. <https://doi.org/10.1097/00001756-200008030-00044>
- Schindler, S., Tirloni, C., Bruchmann, M., & Straube T. (2021). Face and emotional expression processing under continuous perceptual load tasks: An ERP study. *Biological Psychology*, 161, 108056. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108056>
- Serikov, A. E. (2018). Ch. Darwin on the expression of emotions: the fate of the main ideas. *Vestnik of the Samara humanitarian academy. Series: philosophy. Philology*, 2(24), 30–40 (In Russ.)
- Simson, R., Vaughan, H. G., & Ritter, W. (1976). The scalp topography of potentials associated with missing visual or auditory stimuli. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 40(1), 33–42. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(76\)90177-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(76)90177-2)
- Soulier, H., Mauguière, F., Catenoix, H., Montavont, A., Isnard, J., Hermier, M., Guenot, M., Rheims, S., & Mazzola, L. (2023). Visceral and emotional responses to direct electrical stimulations of the cortex. *Annals of clinical and translational neurology*, 10(1), 5–17. <https://doi.org/10.1002/acn3.51694>
- Steimer, T. (2002). The biology of fear- and anxiety-related behaviors. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 4(3), 231–249. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2002.4.3/tsteimer>
- Vergallito, A., Riva, P., Pisoni, A., & Romero Lauro, L. J. (2018). Modulation of negative emotions through anodal tDCS over the right ventrolateral prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 119, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.037>

Об авторах:

Евгений Александрович Мелешенко, ассистент кафедры клинической психологии и психофизиологии, Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), [Спин-код](#), meleshenko@sfedu.ru

Валерия Александровна Егорова, преподаватель кафедры психологии управления и юридической психологии, Южный федеральный университет (Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42), [ORCID](#), [Спин-код](#), veremeeva@sfedu.ru

Александр Александрович Вальгерт, студент, Университет Максута Нарикбаева (Казахстан, 010000, г. Астана, ш. Коргалжын, 8), [ORCID](#), a_valgert@kazguu.kz

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Evgeny Aleksandrovich Meleshchenko, Assistant of Clinical Psychology and Psychophysiology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), [Spin-code](#), meleshenko@sfedu.ru

Valeria Aleksandrovna Egorova, Lecturer of Management Psychology and Legal Psychology Department, Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), [ORCID](#), [Spin-code](#), veremeeva@sfedu.ru

Alexander Alexandrovich Walgert, Student, Maqsut Narikbayev University (8, Astanahighway, 010000, Kazakhstan), [ORCID](#), a_valgert@kazguu.kz

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 23.10.2024

Поступила после рецензирования / Revised 29.11.2024

Принята к публикации / Accepted 01.12.2025