



Check for updates

Обзоры

УДК 159.9

EDN BXBSLV

<https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-1-40-47>

Нейрофизиологические маркеры когнитивных процессов обмана (обзор иностранных источников)

А. С. Терлецкий ¹

¹ Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, 398020, Россия, г. Липецк, ул. Ленина, д. 42

Сведения об авторе

Алексей Сергеевич Терлецкий,
SPIN-код: 3917-8640,
ORCID: 0009-0001-2063-6191,
e-mail: terletskii@mail.ru

Для цитирования:

Терлецкий, А. С. (2024).
Нейрофизиологические маркеры когнитивных процессов обмана (обзор иностранных источников).
Комплексные исследования детства, т. 6, № 1, с. 40–47.
<https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-1-40-47> EDN BXBSLV

Получена 12 января 2024; прошла рецензирование 6 февраля 2024; принята 6 февраля 2024.

Финансирование: Исследование не имело финансовой поддержки.

Права: © А. С. Терлецкий (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация. В приведенной работе представлен анализ иностранных источников по теме нейрофизиологических признаков обмана. Публикация охватывает развитие методов исследования обмана, начиная с первоначальных экспериментальных подходов до применения современных техник нейровизуализации, таких как функциональная магнитно-резонансная томография, где рассматриваются психофизиологические аспекты обмана, в частности, связь физиологических (например, вариабельность сердечного ритма, потоотделение и психологических процессов, а также анализ данных электроэнцефалографии, поскольку она позволяет отслеживать изменения в электрической активности мозга, которые происходят во время обмана; изучение активности префронтальной коры помогает разобраться в сложных взаимосвязях между работой мозга и внешними проявлениями поведения. В рамках представленной работы систематизируются знания о нейрофизиологических маркерах обмана, делается акцент на анализе существующих научных работ, посвященных изучению взаимосвязи между активностью различных участков мозга и когнитивными процессами, протекающими при осуществлении обманных действий, а также на критическом осмыслении методологических подходов к исследованию электрической активности мозга с применением электроэнцефалографии, что позволит выявить наиболее перспективные направления для дальнейшего изучения данной проблематики. Подчеркнута важность междисциплинарного подхода, объединяющего достижения в области нейрофизиологии, психологии и криминалистики для комплексного понимания феномена обмана и его практического применения в сферах обнаружения лжи и судебной экспертизы.

Ключевые слова: префронтальная кора, нейрофизиология обмана, психофизиология обмана, электроэнцефалография, детекция лжи, маркеры обмана, обзор источников

Neurophysiological markers of deception: A review of foreign sources

A. S. Terletsky ¹

¹ Lipetsk State Pedagogical University named after P. P. Semenov-Tyan-Shansky,
42 Lenin Str., Lipetsk 398020, Russia

Author

Alexey S. Terletsky, SPIN: [3917-8640](https://orcid.org/0009-0001-2063-6191),
ORCID: [0009-0001-2063-6191](https://orcid.org/0009-0001-2063-6191),
e-mail: terletskii@mail.ru

For citation: Terletsky, A. S. (2024) Neurophysiological markers of deception: A review of foreign sources. *Comprehensive Child Studies*, vol. 6, no. 1, pp. 40–47. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2024-6-1-40-47> EDN BXBSLV

Received 12 January 2024; reviewed 6 February 2024; accepted 6 February 2024.

Funding: The study did not receive any external funding.

Copyright: © A. S. Terletsky (2024). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Abstract. The paper analyzes international sources on neurophysiological markers of deception. The paper covers the development of deception research methods: from early experimental approaches to the use of modern neuroimaging techniques, such as functional magnetic resonance imaging (fMRI). The paper deals with the psychophysiological aspects of deception — in particular the relationship between physiological (e.g., heart rate variability, sweating) and psychological processes. The paper also considers the analysis of electroencephalography (EEG) data, since EEG makes it possible to track changes in brain electrical activity during deception. The study of prefrontal cortex activity helps to understand the complex relationships between brain function and external behavioral manifestations. The paper systematizes the knowledge about the neurophysiological markers of deception, focusing on analyzing the studies dedicated to the relationship between the activity of various brain regions and the cognitive processes occurring during deceptive actions. The author pays attention to a critical understanding of methodological approaches to studying brain electrical activity using EEG, identifying the most promising vectors for future research on topic. The author substantiates the importance of an interdisciplinary approach that combines neurophysiology, psychology and criminology for a comprehensive understanding of the deception phenomenon and practical applications in the fields of lie detection and forensic examination.

Keywords: prefrontal cortex, neurophysiology of deception, psychophysiology of deception, electroencephalography, detection of deception, markers of deception, review of sources

Введение

В последние десятилетия интерес к изучению нейрофизиологических основ обмана заметно возрос, особенно на фоне развития технологий нейровизуализации и повышения понимания когнитивных процессов, лежащих в основе человеческого поведения (Lisofsky et al. 2014). Понимание того, как мозг обрабатывает и генерирует обманные действия и утверждения, является ключом к раскрытию многих аспектов человеческого психического функционирования. Обман как феномен имеет глубокие корни в социальной и когнитивной психологии, являясь не только средством манипуляции, но и инструментом социальной адаптации и саморегуляции (Abe 2011).

При изучении обмана префронтальная кора выделяется среди областей мозга особой ролью. Эта область тесно связана с высшими когнитивными функциями, такими как принятие решений, регуляция эмоций, социальное взаимодействие и формирование моральных суж-

дений (Wood, Grafman 2003). Исследования этой области могут дать ценную информацию о том, как эти процессы взаимодействуют при создании и поддержании обмана.

Нейрофизиологическое исследование обмана не только способствует лучшему пониманию механизмов мозга, но также имеет значительные практические выходы. От понимания патологического поведения, связанного с хроническим обманом, до разработки эффективных методов обнаружения лжи, этот прогресс имеет важное значение для психологии, судебной практики и социальной работы. Кроме того, глубокое изучение нейрофизиологических аспектов обмана может способствовать разработке новых терапевтических подходов для лечения расстройств, связанных с обманом.

Префронтальная кора, расположенная в передней части лобной доли мозга, выполняет множество функций, жизненно важных для осмысления и регуляции социального поведения, включая процессы обмана. Эта область мозга играет решающую роль в принятии решений,

планировании будущих действий, подавлении нежелательных реакций и формировании социальных стратегий (Ito et al. 2011). Когнитивные процессы, такие как внимание, память, язык и планирование тесно связаны с функционированием префронтальной коры. Обман в данном случае представляет собой сложный когнитивный процесс, охватывающий умышленное искажение информации или формирование ложных убеждений. Особенность обмана заключается в том, что он требует от человека активного участия и умственных усилий, что делает его особенно интересным объектом для изучения в рамках нейрофизиологии (Debey et al. 2015).

Целью данного исследования является обзор работ по изучению нейрофизиологических процессов, связанных с механизмами обмана, с акцентом на функциональное вовлечение префронтальной коры мозга. Основной задачей исследования стал анализ взаимосвязи между нейрофизиологической активностью префронтальной коры и поведенческими аспектами обмана, включая влияние когнитивных функций, таких как память и внимание, на процесс формирования и реализации обманных действий.

Исторический обзор исследований обмана

Интерес к изучению обмана пронизывает всю историю человечества. Уже античные философы активно обсуждали ложь и правду, анализируя их через призму морали и этики. В средние века обман продолжал занимать умы мыслителей, став важной темой в религиозных и философских дебатах. Эпоха Просвещения привнесла новый взгляд на обман, акцентируя внимание на его социальных и индивидуальных последствиях, что способствовало более глубокому пониманию взаимосвязей между ложью, обществом и поведением личности (Grethlein 2021).

В XX веке научный интерес к обману расширяется, при этом исследователи акцентируются на его психологических и психофизиологических аспектах. С развитием технологий нейровизуализации, таких как позитронно-эмиссионная томография и функциональная магнитно-резонансная томография, начинаются исследования мозговой активности, связанной с процессами обмана. Префронтальная кора мозга выделяется как ключевая область, участвующая в процессах принятия решений и социального взаимодействия, что напрямую связано с лживым поведением (Kraohl, Shaw 2015).

Современные исследования объединяют подходы из различных областей, включая пси-

хологию, нейронауку и социальную философию, для более глубокого понимания механизмов обмана. В этом контексте активно изучаются вербальные и невербальные признаки обмана, психологический портрет лжеца, а также роль ответственности и волевых качеств в распознавании лжи (Ganis 2009).

Психические процессы, связанные с обманом, приводят к специфическим функциональным изменениям в мозге, которые часто сопровождаются временными изменениями в других физиологических системах. Из этого следует, что обман возможно обнаружить через анализ этих физиологических изменений, особенно в ответах на вопросы, вызывающих стрессовые реакции (изменение сердечного ритма, потоотделения или дыхания). Не смотря на информативность многих методов, в том числе полиграфических, все они имеют ограничения и погрешности, что снижает их точность. Именно поэтому необходимо глубокое понимание как физиологических, так и психических аспектов обмана для выявления и учета таких погрешностей (Ambach, Gamer 2018).

Р. Джонсон подчеркивает, что обман влечет за собой не только поведенческие, но и значительные когнитивные изменения, которые можно идентифицировать с помощью современных технологий, таких как функциональная магнитно-резонансная томография и позитронно-эмиссионная томография. Он особо выделяет роль префронтальной коры, в частности, дорсолатеральной префронтальной коры в процессах обмана, подчеркивая ее ключевое значение в работе исполнительных функций. Однако, несмотря на значительные успехи в этой области, Р. Джонсон подчеркивает, что наше понимание связи между обманом и конкретными когнитивными процессами и мозговыми сетями все еще остается неполным и требует дальнейших исследований. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к изучению как когнитивных, так и нейробиологических аспектов обмана для разработки эффективных и точных методов оценки достоверности (Johnson 2014).

В ряде работ уделяется повышенное внимание потенциалам, связанных с событиями и, в частности, компоненту P300. Основной интерес уделяется разработке метода для извлечения и анализа характеристик ЭЭГ-сигнала, включая морфологические, частотные и вейвлетные признаки (Abootalebi et al. 2009).

Физиологически P300 связывают с процессами обновления рабочей памяти, внимания, обработки релевантной информации и принятия решений. На уровне нейронных сетей активация

R300 предполагает участие различных структур мозга, включая префронтальную и теменную кору и лимбическую систему.

Целью исследования «Новый подход к извлечению признаков ЭЭГ в методе обнаружения лжи на основе R300» является определение признаков, которые могут помочь отличать реакции виновных и невиновных участников. В рамках исследования используется статистический анализ с применением генетических алгоритмов для выбора наиболее релевантных признаков. Для классификации данных авторы применяют линейный дискриминантный анализ. Этот метод применяется для анализа реакций участников в тесте на знание виновности. Результаты исследования предполагают возможность использования описанного метода в анализе ЭЭГ для выявления признаков лжи, в частности, для идентификации мозговых реакций, ассоциируемых с ощущением виновности (Abootalebi et al. 2009).

Роль префронтальной коры мозга в процессах обмана

Префронтальная кора, составляющая переднюю часть лобных долей мозга, играет ключевую роль в регуляции сложных когнитивных функций, таких как планирование, решение задач, социальное взаимодействие, а также в процессах, связанных с обманом (Ouerchefani et al. 2024).

При обмане префронтальная кора задействована во множестве ключевых процессов. Эта область мозга способствует формированию и поддержанию ложных утверждений, а также играет роль в подавлении истинных реакций, что является критически важным для эффективного осуществления обмана. В частности, дорсолатеральная префронтальная кора активно задействована в процессе принятия решений, необходимых для создания и поддержания обмана. Эта область мозга вовлечена в процессы, требующие рабочей памяти и контроля над импульсивными реакциями, что позволяет осознанно манипулировать информацией и контролировать спонтанные реакции, которые могут выдать ложь (Abe 2009).

С другой стороны, вентромедиальная префронтальная кора играет роль в оценке эмоциональных и социальных аспектов обмана. Эта область мозга участвует в процессах эмоциональной регуляции и принятии моральных решений, позволяя индивиду оценивать потенциальные социальные последствия обмана и управлять чувством вины или беспокойства,

которые могут при этом возникнуть (Abe et al. 2007). Вентромедиальная префронтальная кора является важным узлом корковых и подкорковых сетей, поддерживающих как минимум три широкие области психологической активности: принятие решений, эмоции и социальное познание. Это подтверждается тем, что активация вентромедиальной префронтальной коры связана с субъективным эмоциональным переживанием, а повреждение вентромедиальной префронтальной коры нарушает эмоциональное обучение, эмоциональное поведение и субъективное эмоциональное состояние (Hiser, Koenigs 2018). Кроме того, исследование, проведенное в условиях стресса, выявило, что вентромедиальная префронтальная кора участвует в регуляции эмоций, возникающих при стрессе. Например, было обнаружено, что происходит значительное увеличение уровней альфа-амилазы в слюне, это свидетельствует об активации эмоциональных реакций. Также была выявлена связь между активностью вентромедиальной префронтальной коры и субъективными оценками эмоций, таких как грусть, страх и гнев в условиях стресса (Suzuki, Tanaka 2021).

Орбитофронтальная кора активно участвует в процессах обмана, особенно при оценке последствий поощрений и наказаний, а также в процессах принятия решений на основе ожидаемых исходов. Эта часть мозга способствует анализу потенциальных выгод и невыгод обмана, что является значимым аспектом в процессе определения стратегии поведения. Согласно недавним исследованиям, орбитофронтальная кора связана с системой вознаграждения, определяя эмоциональную ценность подкрепляющих сигналов, включая вкус, осязание, текстуру и выражение лица, и организует связи между сенсорными стимулами. Это показывает, что орбитофронтальная кора играет ключевую роль в эмоциях, обеспечивая цели для действий. Кроме того, активация орбитофронтальной коры коррелирует с субъективными эмоциональными переживаниями стимулов, а ее повреждение нарушает обучение, эмоциональное поведение и субъективное состояние (Rolls, Grabenhorst 2020).

Передняя префронтальная кора участвует в регуляции и обработке сложных социальных и когнитивных функций, что важно для обмана. Подавление активности передней префронтальной коры с помощью транскраниальной стимуляции постоянным током обнаружило, что подавление активности этой области мозга облегчает обман, ускоряя лживые реакции и снижая связанные с ними эмоциональные

реакции, что подчеркивает роль передней префронтальной коры в сложных процессах, связанных с формированием и поддержанием обмана (Karim et al. 2010).

Анализ данных при проведении исследования

Важную роль в изучении обмана играет спектральный анализ ЭЭГ. Он не только выявляет доминирующие частоты в различных участках мозга, но и позволяет идентифицировать специфические изменения в мозговой активности. Такой анализ способен выявить, например, усиление тета- и бета-волн в определенных областях мозга, что может быть связано с когнитивными усилиями, необходимыми для поддержания лжи. В проведенных исследованиях было обнаружено, что когнитивная нагрузка связана со значительными изменениями мощности тета- (4–8 Гц), альфа- (8–12 Гц) и бета- (12–30 Гц) волн. Тета-волны в лобной области являются лучшим индексом когнитивной нагрузки. Альфа- и бета-волны также значительно влияют на интеллектуальную нагрузку, хотя их связь кажется менее прямолинейной (Chikhi et al. 2022).

Функциональный анализ коннективности позволяет изучать взаимодействие между различными областями мозга в контексте обмана. Например, недавние исследования показывают важность взаимосвязей между островком, верхней лобной извилиной, надчерепной извилиной и медиальной фронтальной извилиной, что предполагает их ключевую роль в социокогнитивных аспектах обмана (Meier et al. 2021).

Временной анализ фокусируется на изучении мозговой активности во времени, позволяя отслеживать динамику мозга, особенно при принятии решений и формировании ответов, что критично для понимания обмана. Он может выявлять временные модели активности, например, в префронтальной коре, связанные с созданием ложных утверждений или подавлением истины. Исследования показывают, что активность в правой латеральной префронтальной коре может предсказывать поведение, связанное с принятием решений в течение длительного времени, это говорит о значительной роли этой области в процессах, связанных с обманом. Анализируя временные модели активности, исследователи могут понять, как мозг реагирует и адаптируется в ситуациях, требующих обмана, что важно для более глубокого понимания когнитивных механизмов, лежащих в основе лжи (Smith et al. 2019; Yarkoni et al. 2005)

В соответствии с выводами, полученными в ходе исследования, фазовая синхронизация — еще один метод обработки сигналов, оценивающий синхронизацию осцилляций в ЭЭГ и магнитоэнцефалографии. Этот метод измеряет стабильность разности фаз между сигналами, что позволяет оценить точность локальной и дальней синхронизации. Важно отметить, что меры фазовой блокировки предоставляют оценки синхронизации независимо от амплитуды осцилляций. Это контрастирует с анализом когерентности, где фаза и амплитуда переплетены. Фазовая синхронизация лучше подходит для коротких событий, таких как вызванные события. Фаза используется для определения взаимодействия между двумя областями в очень узком временном окне (миллисекунды) (Bowyer 2016).

Комбинирование данных функциональной магнитно-резонансной томографии и электроэнцефалографии обеспечивает возможность для создания полных и информативных карт мозговой активности, такой подход позволяет глубже исследовать, как мозговые сети взаимодействуют и адаптируются в процессе выполнения задач, связанных с обманом, обеспечивая детальное понимание сложных когнитивных процессов. Карты мозговой активности помогают выявить и анализировать динамические изменения в мозге, что является ключевым для понимания механизмов обмана (Fang et al. 2022; Jiang et al. 2023).

Применение машинного обучения и искусственного интеллекта значительно усиливает возможности анализа мозговой активности, особенно в контексте обмана. Алгоритмы машинного обучения способны обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, выявляя в них сложные паттерны, которые могут оставаться незамеченными при традиционных методах анализа. Это особенно ценно для выявления тонких изменений в мозговой активности, связанных с обманом, так как машинное обучение способно распознавать в данных неочевидные корреляции и аномалии. Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют автоматизировать и ускорить процесс анализа, сокращая время, необходимое для интерпретации результатов. Использование этих технологий в исследованиях обмана дает ученым возможность точнее определить, какие мозговые сети и области активируются или подавляются во время ложных утверждений (Constâncio et al. 2023; Davatzikos et al. 2005).

В исследовании Г. Ганиса с соавторами была сделана попытка выявить нейронные корреляты

разных форм обмана (Ganis et al. 2003). Участникам эксперимента предлагалось делать ложные утверждения, которые оценивались с точки зрения их соответствия контексту и подготовленности.

Результаты исследования продемонстрировали, что произнесение заранее подготовленных ложных утверждений, соответствующих контексту, приводит к увеличению активности в правой передней части лобной коры мозга. С другой стороны, спонтанные ложные утверждения, не соответствующие контексту, активизировали области передней поясной извилины и задней части зрительной коры. Это указывает на разнообразие нейронных сетей, задействованных в разных видах лжи.

Интересно отметить, что оба вида лжи вызывали более высокую активность, чем искренние утверждения, в таких областях, как передняя префронтальная кора обоих полушарий, парагиппокампальная извилина, правый прекунеус (часть верхней теменной доли на медиальной поверхности каждого полушария головного мозга) и левое полушарие мозжечка. Эти результаты наглядно показывают, что обман требует интенсивной нейронной работы, вовлечения разнообразных когнитивных процессов и активации различных сетей мозга, таких как префронтальная и лимбическая системы (Ganis et al. 2003).

В дальнейшем было показано, что обнаружение обмана с помощью анализа психофизиологических характеристик можно затруднить (Ganis et al. 2011). Были обнаружены способы, с помощью которых человек может менять результаты функциональной магнитно-резонансной томографии. Точность обнаружения лжи на индивидуальном уровне снизилась с 100 до 33 % при применении скрытых контрмер. Эти результаты демонстрируют, что даже при существующих передовых технологиях обнаружение обмана может быть значительно затруднено при сознательном применении контрмер. Исследование также подчеркивает важность критического подхода к использованию функциональной магнитно-резонансной томографии в качестве инструмента для обнаружения лжи, особенно в контекстах, где ставки высоки, например,

в правоохранительной и судебной практике (Ganis et al. 2011).

Показано, что вейвлет-анализ ЭЭГ позволяет различать ложные и правдивые ответы. Акцент делается на анализе бета-ритма и изучении характеристик P300.

Результаты исследования продемонстрировали, что признаки, выявленные с помощью вейвлет-анализа ЭЭГ, могут служить более надежными индикаторами обмана по сравнению со стандартными методами.

В ходе эксперимента было выявлено, что изменения бета-ритма и компонента P300 ЭЭГ являются ключевыми индикаторами ложных ответов.

Несмотря на обнадеживающие результаты, это исследование имеет ограниченный объем выборки и предварительный характер, что указывает на необходимость дальнейших исследований в этом направлении для подтверждения и расширения полученных результатов (Merzagora et al. 2006).

Заключение

Исследование нейрофизиологических маркеров когнитивных процессов обмана подчеркивает ключевую роль префронтальной коры мозга в регулировании лжи. Использование методов нейровизуализации и электроэнцефалографии обеспечивает понимание изменений в электрической активности мозга при обмане. Их сочетание предлагает новые перспективы для практического применения в областях детекции лжи, психофизиологических методов диагностики и терапии, связанных с поведенческими нарушениями, и обогащает междисциплинарные подходы в нейронауке, психологии и психофизиологии.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The author declares that there is no conflict of interest, either existing or potential.

References

- Abe, N. (2009) The neurobiology of deception: Evidence from neuroimaging and loss-of-function studies. *Current Opinion in Neurology*, vol. 22, no. 6, pp. 594–600. <https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e328332c3cf> (In English)
- Abe, N. (2011) How the brain shapes deception: An integrated review of the literature. *Neuroscientist*, vol. 17, no. 5, pp. 560–574. <https://doi.org/10.1177/1073858410393359> (In English)

- Abe, N., Suzuki, M., Mori, E. et al. (2007) Deceiving others: Distinct neural responses of the prefrontal cortex and amygdala in simple fabrication and deception with social interactions. *Journal of Cognitive Neurosciences*, vol. 19, no. 2, pp. 287–295. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.2.287> (In English)
- Abootalebi, V., Moradi, M. H., Khalilzadeh, M. A. (2009) A new approach for EEG feature extraction in P300-based lie detection. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 94, no. 1, pp. 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2008.10.001> (In English)
- Ambach, W., Gamer, M. (2018) Chapter 1—Physiological measures in the detection of deception and concealed information. In: J. P. Rosenfeld (ed.). *Detecting concealed information and deception recent developments. Recent developments*. Evanston: Academic Press, pp. 3–33. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812729-2.00001-X> (In English)
- Bowyer, S. M. (2016) Coherence a measure of the brain networks: Past and present. *Neuropsychiatric Electrophysiology*, vol. 2, article 1. <https://doi.org/10.1186/s40810-015-0015-7> (In English)
- Chikhi, S., Matton, N., Blanchet, S. (2022) EEG power spectral measures of cognitive workload: A meta-analysis. *Psychophysiology*, vol. 59, no. 6, article e14009. <https://doi.org/10.1186/s40810-015-0015-7> (In English)
- Constância, A. S., Tsunoda, D. F., Silva, H. F. N. et al. (2023) Deception detection with machine learning: A systematic review and statistical analysis. *PLoS One*, vol. 18, no. 2, article e0281323. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281323> (In English)
- Davatzikos, C., Ruparel, K., Fan, Y., et al. (2005) Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: Application to lie detection. *Neuroimage*, vol. 28, no. 3, pp. 663–668 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.08.009> (In English)
- Debey, E., Liefooghe, B., de Houwer, J., Verschuere, B. (2015) Lie, truth, lie: The role of task switching in a deception context. *Psychological Research*, vol. 79, no. 3, pp. 478–488. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0582-4> (In English)
- Fang, Z., Lynn, E., Huc, M. et al. (2022) Simultaneous EEG + fMRI study of brain activity during an emotional Stroop task in individuals in remission from depression. *Cortex*, vol. 155, pp. 237–250. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.07.010> (In English)
- Ganis, G. (2009) The cognitive neuroscience of deception. *Social Neuroscience*, vol. 4, no. 6, pp. 456–472. <https://doi.org/10.1080/17470910802507660> (In English)
- Ganis, G., Kosslyn, S. M., Stose, S. et al. (2003) Neural correlates of different types of deception: An fMRI investigation. *Cerebral Cortex*, vol. 13, no. 8, pp. 830–836. <https://doi.org/10.1093/cercor/13.8.830> (In English)
- Ganis, G., Rosenfeld, J. P., Meixner, J., Kievit, R. A. (2011) Lying in the scanner: Covert countermeasures disrupt deception detection by functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage*, vol. 55, no. 1, pp. 312–319. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.025> (In English)
- Grethlein, J. (2021) *The ancient aesthetics of deception. The ethics of enchantment from Gorgias to Heliodorus*. Cambridge: Cambridge University Press, 332 p. (In English)
- Hiser, J., Koenigs, M. (2018) The multifaceted role of the ventromedial prefrontal cortex in emotion, decision making, social cognition, and psychopathology. *Biological Psychiatry*, vol. 83, no. 8, pp. 638–647. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2017.10.030> (In English)
- Ito, A., Abe, N., Fujii, T. et al. (2011) The role of the dorsolateral prefrontal cortex in deception when remembering neutral and emotional events. *Neuroscientific Research*, vol. 69, no. 2, pp. 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2010.11.001> (In English)
- Jiang, Z., Liu, Y., Li, W. et al. (2023) Integration of simultaneous fMRI and EEG source localization in emotional decision problems. *Behavioral Brain Research*, vol. 448, article 114445. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2023.114445> (In English)
- Johnson, R. (2014) Chapter 6—The neural basis of deception and credibility assessment: A cognitive neuroscience perspective. In: D. C. Raskin, Ch. R. Honts, J. C. Kircher (eds.). *Credibility assessment. Scientific research and applications*. New York: Academic Press, pp. 217–300. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394433-7.00006-3> (In English)
- Karim, A. A., Schneider, M., Lotze, M. et al. (2010) The truth about lying: Inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior. *Cerebral Cortex*, vol. 20, no. 1, pp. 205–213. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp090> (In English)
- Krapohl, D., Shaw, P. (2015) *Fundamentals of polygraph practice*. San Diego: Academic Press, 348 p. (In English)
- Lisofsky, N., Kazzer, P., Heekeren, H. R., Prehn, K. (2014) Investigating socio-cognitive processes in deception: A quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, vol. 61, pp. 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.001> (In English)
- Meier, S. K., Ray, K. L., Mastan, J. C. et al. (2021) Meta-analytic connectivity modelling of deception-related brain regions. *PLoS One*, vol. 16, no. 8, article e0248909. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248909> (In English)
- Merzagora, A. C., Bunce, S., Izzetoglu, M., Onaral, B. (2006) Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection. In: *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medical Biological Society*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers Publ., pp. 2434–2437. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.260247> (In English)

- Ouerchefani, R., Ouerchefani, N., Rejeb, M. R. B., Le Gall, D. (2024) Pragmatic language comprehension: Role of theory of mind, executive functions, and the prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, vol. 194, article 108756. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108756> (In English)
- Rolls, E. T., Grabenhorst, F. (2008) The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. *Progress in Neurobiology*, vol. 86, no. 3, pp. 216–244. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.001> (In English)
- Smith, E. H., Horga, G., Yates, M. J. et al. (2019) Widespread temporal coding of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, vol. 22, no. 11, pp. 1883–1891. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0494-0> (In English)
- Suzuki, Y., Tanaka, S. C. (2021) Functions of the ventromedial prefrontal cortex in emotion regulation under stress. *Scientific Reports*, vol. 11, article 18225. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97751-0> (In English)
- Wood, J. N., Grafman, J. (2003) Human prefrontal cortex: Processing and representational perspectives. *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 4, no. 2, pp. 139–147. <https://doi.org/10.1038/nrn1033> (In English)
- Yarkoni, T., Braver, T. S., Gray, J. R., Green, L. (2005) Prefrontal brain activity predicts temporally extended decision-making behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavioral*, vol. 84, no. 3, pp. 537–554. <https://doi.org/10.1901/jeab.2005.121-04> (In English)