

Отзыв

официального оппонента Князева Геннадия Георгиевича, доктора биологических наук, доцента, заведующего лабораторией дифференциальной психофизиологии, главного научного сотрудника Научно-исследовательского института нейронаук и медицины на диссертационную работу Штайнер Элен Владимировны «Ритмическая активность мозга, ассоциированная с математическим профессионализмом и с процессом решения математических задач», представленную к защите в Диссертационный совет 24.1.046.01 при ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук ИАНД и НФ РАН на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – Физиология человека и животных (биологические науки)

Актуальность темы исследования.

Диссертационное исследование, выполненное Э.В. Штайнер, является законченной научной квалификационной работой, посвященной изучению паттернов ритмической активности мозга здоровых взрослых, ассоциированных с процессами решения математических задач и долговременной профессиональной математической деятельностью. Современная нейронаука уделяет большое внимание исследованию когнитивных основ математики, однако, подавляющее большинство работ ограничены ее арифметическим компонентом, в то время, как для решения математических задач требуются и творческий поиск, и значительная семантическая обработка, связанная с поиском числовых соотношений между объектами, событиями и абстрактными числами. На фоне широкого спектра исследований, посвященных нейронным основам арифметики, лишь единичные работы связаны с оценкой ритмических паттернов логико-арифметических задач. Подавляющее большинство исследований, касаемых изучения процессов математического мышления посвящены поиску нервных коррелятов таланта, а потому проводятся на детях и подростках, а изучению влияния долговременной математической практики на работу мозга не уделяется должного внимания. Необходимо также отметить, что результаты подобных исследований нередко не

согласуются между собой и далеко не всегда воспроизводимы. В этих условиях особый интерес приобретает акцент автора на получении реплицируемых результатов. С этой целью одна и та же парадигма исследования была применена на разных выборках испытуемых, с использованием разных инструментальных техник и разных методов статистического анализа. Все это, несомненно, делает выбранную автором тему актуальной и имеющей значение для развития, как фундаментальных, так и прикладных направлений нейрокognитивной науки.

Научная новизна исследования и результатов.

Новизна исследований Э.В. Штайнер обусловлена обнаружением различий в паттернах ритмической деятельности мозга, связанной с родственными когнитивными процессами, такими как решение арифметических и логико-арифметических задач. Впервые была успешно произведена классификация паттернов электрической активности мозга, ассоциированной с различным типом образования и осуществлен статистический анализ соответствующих паттернов ЭЭГ. Э.В. Штайнер продемонстрировала целесообразность использования методов машинного обучения для изучения сложных когнитивных процессов.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Результаты исследования вносят свой вклад в изучение нейрофизиологических механизмов мышления, выявляют специфические ритмические паттерны, ассоциированные с процессами обработки информации специалистов в математической сфере деятельности. Посредством статистических тестов и методов машинного обучения автор убедительно показала, что даже близкие друг другу по механизмам обработки информации и принятию решения задачи достоверно различаются между собой паттернами биоэлектрической активности мозга. На настоящем этапе работа имеет более теоретическое значение, однако продолжение исследования в этом направлении поможет разработать новые подходы к обучению, что, несомненно, может найти широкое применение, в первую очередь, в сфере научной и практической педагогики.

Структура и объем диссертации.

Диссертация Э.В. Штайнер построена по традиционному плану и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, результатов, обсуждения результатов, заключения, выводов, списка литературы и списка сокращений. Основной текст диссертации изложен на 140 страницах, включает 6 таблиц и 26 рисунков. Список литературы состоит из 371 источников. Диссертация изложена грамотным академическим языком, ее структура и содержание соответствуют требованиям ВАК. В главе «Введение» автор обосновывает актуальность проблемы, новизну и значимость, цели, задачи и положения, выносимые на защиту. Глава «Обзор литературы» посвящена обзору и анализу работ в исследуемой отрасли. Она содержит шесть подразделов и включает сведения о нейробиологических основах математического мышления, рабочей памяти, связи электрической активности мозга с определенными типами мыслительной деятельности и машинном обучении. Обзор литературы достаточен по объему освященных источников. В главе «Материалы и методы» подробно описана методика проведения исследования и анализа результатов. Исследование состоит из трех серий экспериментов, проводимых поэтапно: психологическая часть с целью выработки парадигмы эксперимента и две инструментальные части с использованием 19-канального и 128-канального ЭЭГ. В таком же порядке изложены результаты и обсуждения. В «Заключении» автор обобщает результаты всех трех серий исследования. Диссертация завершается обоснованными полученными данными и соответствующими поставленным задачам выводами. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Его оформление полностью соответствует требованиям ВАК.

Степень обоснованности и достоверности выводов и основных положений диссертации.

Достоверность полученных в работе результатов не вызывает сомнения. Для достижения поставленной цели автором выбраны и использованы адекватные, современные подходы и экспериментальные методы, включая применение 128-канального регистратора ЭЭГ и методов машинного обучения. Э.В. Штайнер проведен глубокий анализ на разных уровнях и с использованием разных методов статистической обработки. Одной из основных проблем современной нейробиологии является получение реплицируемых результатов. Автору удалось

убедительно показать, что независимо от метода сбора данных и метода статистической обработки полученных результатов существуют достоверные отличия в ритмической деятельности мозга между группами здоровых взрослых испытуемых, отличающихся спецификой деятельности и, в основном профессиональная математическая деятельность ассоциируется с активностью в бета и тета-диапазонах, преимущественно во фронтальной и височно-париетальной областях. В то же время, часть результатов не были воспроизведены, что может быть связано с такими факторами, как индивидуальные особенности участников исследования, различия в размерности ЭЭГ данных, ограничения использованных статистических методов.

По теме диссертации опубликовано 5 (пять) печатных работ, из них 3 (три) статьи в журналах, рекомендованных ВАК, в том числе входящих в базу Web of Science и Scopus. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на международных конференциях: материалы диссертации были представлены в качестве стендового доклада на Восьмой международной конференции по когнитивной науке, Светлогорск, Россия (18-21 октября 2018 г.) и на четвертой международной конференции по нейротехнологии и нейроинтерфейсам, Калининград, Россия (17 Октября 2022 г.).

Замечания и вопросы по диссертации. При полностью положительном впечатлении о выполненной работе, у меня остается два вопроса, на которые я не нашел ответов в тексте диссертации и несколько предложений, которые могут быть учтены в последующей работе:

- почему при проведении классификации испытуемых математической и нематематической групп во время решения задач ограничились лишь 10 парами испытуемых, а не использовали все возможные варианты?
- Почему классификация паттернов ЭЭГ испытуемых математической и нематематической групп в покое и испытуемых высоко- и среднерезультативной групп при решении проводили только методов Light gradient boosting machine, а не использовали все три?
- При анализе ЭЭГ данных как традиционными методами, так и методами машинного обучения автор использует преимущественно спектральную

информацию на уровне каналов записи ЭЭГ. Было бы интересно проанализировать также эффекты, связанные с временной динамикой ЭЭГ активности в процессе эксперимента. Кроме того, количество каналов, по крайней мере в одном из экспериментов, достаточно для того, чтобы проецировать данные в пространство источников и попытаться локализовать эффекты в объеме мозга.

- Методы классификации паттернов с помощью машинного обучения сейчас очень популярны, но при всей их заманчивости они обладают рядом ограничений. Известно, в частности, что разные классификаторы могут давать разные результаты. Автор использовал три разных классификатора, два из которых линейные и один нелинейный. Некоторые авторитеты предостерегают от использования нелинейных классификаторов на том основании, что их результаты трудно поддаются интерпретации. Из линейных классификаторов наиболее популярны машина опорных векторов, линейный дискриминантный анализ и Naive Bayes classifier. Было бы интересно сравнить результаты использованных Автором классификаторов с теми, которые наиболее часто используются в опубликованных исследованиях.
- Популярные сейчас методы многомерного анализа паттернов включают кроме классификации анализ репрезентативного сходства (representational similarity analysis). Было бы интересно применить этот метод к полученному Автором материалу, поскольку он позволяет сравнивать соответствие данным разных априорных теоретических моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Элен Владимировны Штайнер «Ритмическая активность мозга, ассоциированная с математическим профессионализмом и с процессом решения математических задач» является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи в области физиологии человека и животных, а именно исследование связи ритмической деятельности мозга с когнитивными процессами на основании изучения некоторых аспектов математического мышления. По актуальности темы, объему выполненных автором исследований, достоверности и

обоснованности выводов, новизне полученных данных, их научно-практической значимости и опубликованным результатам диссертационная работа отвечает требованиям ВАК при Минобрнауки РФ и полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5. «Физиология человека и животных» (биологические науки).

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук,
Заведующий лабораторией дифференциальной психофизиологии,
главный научный сотрудник НИИ нейронаук и медицины

Шифр и наименование специальности официального оппонента:
03.03.04 Клеточная биология, цитология, гистология



Князев Геннадий Георгиевич

«05» сентября 2023 г.

НИИ нейронаук и медицины

Адрес места работы: 630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 4

Телефон: (383) 335-98-55

E-mail: knyazevgg@neuronm.ru

