



ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ | PSYCHOPHYSIOLOGY

Научная статья | Original paper

фМРТ-исследования в парадигме сокрытия информации: данные об активности мозжечка

В.А. Орлов¹ , С.И. Карташов¹, Д.Г. Малахов¹, М.В. Ковальчук¹,
Ю.И. Александров², Ю.И. Холодный¹

¹ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Российская Федерация

² Институт психологии Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

orlov_va@nrcki.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Статья продолжает цикл публикаций по теме криминалистической психофизиологии, в частности – в области нейрокриминалистики. В ходе первого цикла исследований на основе полученных фМРТ-данных был предпринят анализ функциональной связности различных зон мозга, по итогам которого была обнаружена активность ряда зон мозжечка при диагностике наличия у человека скрываемой им информации (ДНСИ) о событиях прошлого. **Цель.** Требуется подробнее рассмотреть динамику активности мозжечка на индивидуальном уровне в ходе ДНСИ.

Гипотеза. Активность мозжечка связана с личностной значимостью актуализируемой информации.

Методы и материалы. В исследовании приведены данные по мужской выборке 23 человек, студентов технического вуза, в возрасте 21–23 лет. Данные были получены в экспериментах с одновременным применением фМРТ и МРТ-совместимого полиграфа (МРТсП), моделировавших сокрытие человеком личностно значимой для него информации. **Результаты.** Экспериментальные исследования подтвердили вовлеченность мозжечка в нейрокогнитивные процессы, обеспечивающие ДНСИ, а также показали относительную автономность участия этой структуры в дифференцированной оценке воспринимаемых стимулов по их значимости в условиях проводимого исследования. **Выводы.** Активность мозжечка в перспективе может быть использована в качестве самостоятельного и относительно независимого «маркера», используемого в целях оценки активности мозга человека на индивидуальном уровне, пригодной для ДНСИ.

Ключевые слова: фМРТ, оценка фМРТ-данных, индивидуальный уровень, парадигма сокрытия информации, криминалистическая диагностика

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» с использованием вычислительных ресурсов федерального центра коллективного пользования «Комплекс моделирования и обработки данных исследовательских установок мегакласса НИЦ «Курчатовский институт»».

Для цитирования: Орлов, В.А., Карташов, С.И., Малахов, Д.Г., Ковальчук, М.В. Александров, Ю.И., Холодный, Ю.И. (2025). фМРТ-исследования в парадигме сокрытия информации: данные об активности мозжечка. *Экспериментальная психология*, 18(3), 45–66. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180304>

© Орлов В.А., Карташов С.И., Малахов Д.Г., Ковальчук М.В. Александров Ю.И.,
Холодный Ю.И., 2025





fMRI research in the information concealment paradigm: data on cerebellar activity

**V.A. Orlov¹ , S.I. Kartashov¹, D.G. Malakhov¹, M.V. Kovalchuk¹,
Yu.I. Alexandrov², Yu.I. Kholodny¹**

¹ National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation

² Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

 orlov_va@nrcki.ru

Abstract

Context and relevance. The article continues a series of publications on the topic of forensic psychophysiology, in particular, in the field of neurocriminology. During the first cycle of studies, based on the obtained fMRI data, an analysis of the functional connectivity of various brain areas was undertaken, which resulted in the discovery of activity in a number of cerebellar areas when diagnosing the presence of concealed information (DPCI) about past events in a person. **Objective.** It is necessary to consider in more detail the dynamics of cerebellar activity at the individual level during DPCI. **Hypothesis.** Cerebellar activity is associated with the personal significance of the updated information. **Methods and materials.** The study presents data on a male sample of 23 people, technical university students aged 21–23. The data were obtained in experiments with the simultaneous use of fMRI and an MRI compatible polygraph MRICP, modeling a person's concealment of personally significant information. **Results.** Experimental studies have confirmed the involvement of the cerebellum in neurocognitive processes that provide DPCI, and have also shown the relative autonomy of this structure's participation in the differentiated assessment of perceived stimuli by their significance under the conditions of the study. **Conclusions.** Cerebellar activity potentially can be used as an independent and relatively self-sufficient “marker” used to assess human brain activity at an individual level, suitable for DPCI.

Keywords: fMRI, evaluation of fMRI-data, individual level, conceal information paradigm, forensic diagnostics

Funding. The research was performed within the framework of the state task of the Kurchatov Institute Research Center using the computing resources of the Federal Center for Collective Use “Complex of modeling and data processing of research facilities of the mega-class of the Kurchatov Institute Research Center”.

For citation: Orlov, V.A., Kartashov, S.I., Malakhov, D.G., Kovalchuk, M.V., Alexandrov, Yu.I., Kholodny, Yu.I. (2025). fMRI research in the information concealment paradigm: data on cerebellar activity. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(3), 45–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180304>

Введение

Национальный исследовательский центр (НИЦ) «Курчатовский институт» в последние годы проводит экспериментальное изучение нейрокогнитивных процессов, лежащих в основе диагностики наличия у человека скрываемой им информации (ДНСИ) о событиях прошлого. Эти работы представляют интерес для фундаментальной науки в области исследования хранения информации, извлечения ее из памяти и оперирования с ней для достижения различных целей — в частности, для криминалистики (при раскрытии и расследовании преступлений) и общественной практики (при отборе и контроле деятельности



кадров), где в настоящее время для ДНСИ широко используют психофизиологические исследования с применением полиграфа (ИПП).

Для проведения исследований в НИЦ «Курчатовский институт» в области психофизиологической ДНСИ основной была избрана парадигма сокрытия информации (СИ), поскольку «криминалистика работает со следами преступлений (в частности – следами событий прошлого, хранящимися в памяти человека)» (Холодный и др., 2021, с. 21). Изучение нейрокогнитивных процессов человека в ходе ДНСИ посредством одновременного применения функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и регистрации вегетативной активности с помощью МРТ-совместимого полиграфа¹ (МРТсП) специалистами НИЦ «Курчатовский институт» было осуществлено в стране впервые. фМРТ-МРТсП-эксперименты наглядно подтвердили, что «объединение возможностей фМРТ и метода совместной регистрации вегетативных реакций с помощью МРТсП открывает большие возможности для экспериментальной практики и, в частности, для по-знания нейрокогнитивных механизмов, лежащих в основе выявления у человека скрывающейся им информации в ходе ИПП или нейрокриминалистического фМРТ-исследования» (Холодный и др., 2021, с. 33).

В итоге первый цикл исследований позволил:

- констатировать появление новой для отечественной нейронауки отрасли исследований – нейроправа, и его частного направления – нейрокриминалистики (Холодный, 2022а), которая ориентирована на изучение (с помощью метода нейровизуализации) нейрокогнитивных процессов, лежащих в основе ДНСИ;
- пополнить отечественную прикладную психофизиологию новым разделом – криминалистической психофизиологией (Холодный, 2022б).

Следует отметить, что в ходе первого цикла исследований, среди прочего, на основе полученных фМРТ-данных был предпринят анализ функциональной связности различных зон мозга, в результате которого была обнаружена активность ряда зон мозжечка (рис. 1).

Исследования в парадигме СИ были продолжены, и специалистами НИЦ «Курчатовский институт» были разработаны методы оценки фМРТ-данных на индивидуальном уровне (Ковалчук и др., 2021). В целях совершенствования этих методов «было признано целесообразным подвергнуть исследуемую выборку фМРТ-данных обстоятельной оценке на групповом уровне с помощью существующих общепринятых методов обработки» (Орлов и др., 2024).

Дополнительно был проведен анализ функциональной связности различных зон мозга для расширенной выборки из 36 мужчин при выполнении ими ТСИ, и он показал большее число статистически значимых связей, включая связность мозжечка с другими структурами, – его результаты представлены на рис. 2 (желтым цветом по окружности выделены зоны мозжечка, которые проявили согласованную активность).

Проведенная оценка на групповом уровне подтвердила обнаруженную ранее (Орлов и др., 2024) активность мозжечка (табл. 1) в процессе реализации криминалистических тестов в парадигме СИ, и это, естественно, потребовало обратить отдельное внимание на данную область мозга.

¹ В настоящее время, традиционно, с помощью полиграфа регистрируют динамику дыхания, сердечно-сосудистой, кожно-гальванической и двигательной активности человека.

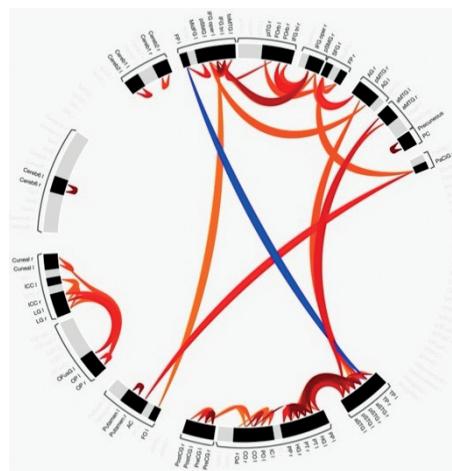


Рис. 1. Фрагмент рисунка (Холодный и др., 2021, с. 30, рис. 3), представляющего функциональную связность зон мозга при выполнении ТСИ группой мужчин (23 чел.)

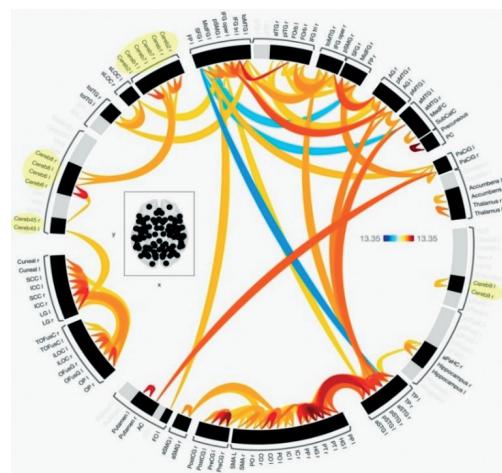


Рис. 2. Функциональная связность зон мозга при выполнении ТСИ на увеличенной выборке (36 мужчин)

Далее был предпринят ретроспективный обзор научной литературы о мозжечке, который выявил, коротко, следующее.

В 1970-е годы за рубежом сложилось твердое мнение (оно было изложено в популярном — выдержавшем 20 изданий — руководстве по физиологии человека, подготовленном «на самом современном уровне» (Дудел, Шмидт, Янг, с. 4)), согласно которому «не вызывает сомнения тот факт, что мозжечок играет первостепенную роль в нервной регуляции позы и движений. В то же время мозжечок не является жизненно необходимым органом: у людей с врожденным отсутствием мозжечка не наблюдается каких-либо серьезных двигательных нарушений, препятствующих выполнению их повседневной работы» (Дудел,



Таблица 1 / Table 1

**Активность мозжечка у 36 и 23 мужчин при выполнении ими теста
 со скрываемым именем (ТСИ)²**

Cerebellar activity in 36 and 23 men during the Test of Concealed Name (TCN)

№ зоны / Area Number	Обозначение зоны мозжечка / Area Name	Общее количество вокселей / Total Number of Voxels	Активация зоны / Area Activation	
			Выборка 36 м. / Sample 36 males	Выборка 23 м. / Sample 23 males
107	Cereb1 l	2292	+	+
108	Cereb1 r	2501	+	+
109	Cereb2 l	1917	-	+
110	Cereb2 r	2152	-	-
111	Cereb3 l	138	-	-
112	Cereb3 r	190	-	-
113	Cereb45 l	815	-	-
114	Cereb45 r	636	-	-
115	Cereb6 l	1248	+	+
116	Cereb6 r	1525	+	+
117	Cereb7 l	581	-	+
118	Cereb7 r	543	-	-
119	Cereb8 l	1888	-	-
120	Cereb8 r	2297	-	-
121	Cereb9 l	855	-	-
122	Cereb9 r	811	-	-
123	Cereb10 l	158	-	-
124	Cereb10 r	170	-	-
125	Ver12	47	-	-
126	Ver3	223	-	-
127	Ver45	635	+	+
128	Ver6	335	-	+
129	Ver7	188	-	+
130	Ver8	248	-	-
131	Ver9	166	-	+
132	Ver10	101	-	-

Шмидт, Янг, с. 146). Считалось, что мозжечок «отвечает за: 1) регуляцию позы и мышечного тонуса; 2) исправление (при необходимости) медленных целенаправленных движений в ходе их выполнения и координацию этих движений с рефлексами поддержания позы;

² Данная таблица – фрагмент таблицы из работы (Орлов и др., 2024, с. 98–99, табл. 2). Здесь приведены только групповые оценки фМРТ-данных, полученных в ТСИ на выборках 36 и 23 чел. (мужчин) по зонам 107–132 комбинированного атласа пакета CONN (КАП CONN) (Tzourio-Mazoyer et. al., 2002). В указанной работе (Орлов и др., 2024) активации вычислялись отличным от текущей публикации способом: вначале вычислялся контраст «значимые–нейтральные» стимулы по группе, а затем подсчитывалось число вокселей в зоне, преодолевших статистический порог ОЛМ ($p < 0,001$); далее, если это число было больше отсечки 5% от общего числа вокселей в зоне, она считалась активной (в процитированной публикации приведены данные и по другим отсечкам, а также по женской выборке).



3) правильное выполнение быстрых целенаправленных движений, команда к которым поступает от головного мозга» (Дудел, Шмидт, Яниг, с. 150).

Аналогичный взгляд на функции мозжечка существовал в те же годы и в отечественной науке (Физиология поведения..., 1986; Механизмы деятельности мозга человека..., 1988). Об этом свидетельствует, например, Краткая медицинская энциклопедия: «главной функцией мозжечка является регуляция согласованной (координированной) деятельности скелетных мышц. Вместе с корой большого мозга мозжечок принимает участие в координации произвольных движений» (Петровский, 1989, с. 185).

Внедрение в экспериментальную практику магнитно-резонансной томографии (МРТ) привело на рубеже веков к получению новых данных, которые повлекли за собой пересмотр устоявшейся точки зрения на место и роль мозжечка в организации поведения человека.

В частности, в исследованиях, выполненных с помощью МРТ, «была выявлена активация мозжечка у здоровых испытуемых, когда их просили вспомнить список букв, прочитанный ими несколькими минутами ранее, или пытавшихся подыскать эквивалент тому или иному зрительному образу. С помощью этой методики было обнаружено, что у гиперактивных детей с дефицитом внимания (когда нарушена способность управлять собственными побуждениями) размеры мозжечка меньше, чем у нормальных» (Бауэр, Парсонс, 2003, с. 40).

В результате оценки накопленного экспериментального материала «родилось новое предположение о функциях мозжечка как структуры, координирующей процесс сбора сенсорных данных головным мозгом», и высказано предположение, «что нарушение функций мозжечка — непосредственная причина характерного для шизофрении расстройства психики» (Бауэр, Парсонс, 2003, с. 43–44).

Развивая гипотезу о «координирующей роли» этой структуры мозга, исследователи предположили, что «мозжечок не связан с какими-либо определенными формами поведения или психологическими процессами. Скорее он функционирует как некая поддерживающая структура, обеспечивающая нормальную работу остального мозга. Эта поддержка включает отслеживание приходящих в мозг сенсорных данных и непрерывную и необычайно сложную регулировку поступления этой информации, благодаря чему обеспечивается максимально высокое качество сенсорного входа» (Бауэр, Парсонс, 2003, с. 45).

Исследования функций мозжечка проводились во многих странах мира, и в одном из обзоров литературы по этой тематике белорусские специалисты в 2018 году констатировали, что «связь мозжечка со многими отделами головного мозга и сложная нейронная система обработки информации, поступающей в его кору, делают его уникальным по многообразию выполняемых функций <...> Сложились представления об участии мозжечка не только <...> (в реализации — *авт.*) равновесия и координации движений, но и в регуляции артериального давления, дыхания, иммунных процессов, пищевого поведения, движения глаз, речи, сна и бодрствования, эмоций, внимания, когнитивных функций и творческих процессов» (Карнюшко, Зиматкин, 2018, с. 257, 259).

В последующие годы были получены данные о том, что мозжечок активно связан с обеспечением механизмов памяти: например, по итогам 12-дневной программы нейростимуляции «у здоровых пожилых людей наблюдается улучшение эпизодической памяти как сразу после программы вмешательства, так и через 4 месяца наблюдения. Эти результа-



ты демонстрируют причинно-следственную связь мозжечка с процессами, связанными с долговременной эпизодической памятью, потенциально подчеркивая его роль в регулировании и поддержании когнитивных процессов» (Jorge et. al., 2023, с. 2267).

В 2020-е годы «стало известно о вовлечении заднелатеральной области правого полушария мозжечка в речевые функции через пересекающиеся анатомические тракты с доминирующими речевым лобным центром слева, теменными и височными ассоциативными областями», и исследователи сделали «вывод, что роль мозжечка в рабочей памяти, долговременной памяти, внимании, процессах торможения и речевых функциях в первую очередь объясняется активацией кортико-мозжечковой сети <...> (и) мозжечок участвует в процессе чтения в качестве модулятора различных сетей мозга» (Миронец, 2023, с. 18). Был также обнаружен связанный «с эмоциональной памятью <...> кластер в мозжечке, <...> (который) имеет связь с кластером, охватывающим миндалевидное тело и гиппокамп, <...> (и) с кластером, охватывающим переднюю поясную извилину». Полученные результаты позволили исследователям констатировать, что мозжечок «является неотъемлемой частью сети, участвующей в эмоциональном усилении эпизодической памяти» (Fastenrath et. al., 2022, с. 1).

Последнее умозаключение представляет уже особый интерес для нейрокриминалистических исследований, которые заняты изучением памяти и психофизиологической ДНСИ.

Таким образом, учитывая прикладную направленность исследований, проводимых в НИЦ «Курчатовский институт», и определенную ограниченность возможностей групповой оценки фМРТ-данных (Орлов и др., 2024), было признано целесообразным рассмотреть динамику активности мозжечка на индивидуальном уровне в ходе проведения криминалистических тестов парадигмы СИ.

Для выполнения указанного исследования были использованы фМРТ-данные, полученные в описанных ранее экспериментах (Холодный и др., 2021; Орлов и др., 2024) в ходе проведения применяемых в криминалистике тестов. Материал был собран на методически корректно сформированной обобщенной выборке (72 испытуемых), из которой для дальнейшего изучения была взята лишь часть фМРТ-данных, зарегистрированных у 23 мужчин (так называемая «основная» часть выборки) (Холодный и др., 2021).

Материалы и методы

Процедура эксперимента. Как уже было сказано выше, при проведении исследований нейрокриминалистической направленности были применены тесты парадигмы СИ (Орлов и др., 2024), которые активно используют в криминалистических ИПП. Суть указанных тестов и технология экспериментов с их использованием была детально изложена в одной из предыдущих наших работ (Холодный и др., 2021).

В рамках изучения роли и места мозжечка в технологии ДНСИ, излагаемого в данной статье, использованы фМРТ-данные, которые были полученные в фМРТ-МРТсП-экспериментах (т. е. с одновременным применением фМРТ и МРТ-совместимого полиграфа (МРТсП)), моделировавших сокрытие человеком личностно значимой для него информации (в ходе ТСИ).

Сбор и анализ данных фМРТ. В ходе экспериментов МРТ-данные регистрировались томографом SIEMENS Magnetom Verio с напряженностью магнитного поля 3 Тл. Для получения трехмерного структурного T1-взвешенного изображения использовалась последовательность быстрого градиентного эха в сагиттальной плоскости со следующими



параметрами: 176 срезов; TR = 1900 мс; TE = 2,19 мс; толщина среза = 1 мм; угол поворота = 9°; время инверсии = 900 мс; FOV = 250 мм x 218 мм². Данные фМРТ были получены со следующими параметрами: 51 срез; TR = 1110 мс; TE = 24 мс; толщина среза = 2 мм; угол поворота = 62°; FOV = 192 x 192 мм². Эксперименты проводились с использованием мультирезовых последовательностей сканирования (TR = 1110 мс), поскольку такой режим способствовал повышению чувствительности методики исследования и обеспечивал приемлемый компромисс между качеством фМРТ-данных и размером области сканирования.

Однако использование таких последовательностей влечет за собой появление специфических вкладов в шум физиологического и аппаратного характера (Togo et. al., 2017). Для их корректной оценки и подавления был разработан специализированный алгоритм предобработки фМРТ-данных (Орлов, 2021). Одним из ключевых этапов разработанного алгоритма является очистка данных на основе метода независимых компонент. Для уменьшения влияния фактора неточности экспертной оценки в ходе анализа независимых компонент был разработан специализированный программный классификатор на основе сверточной нейронной сети (статья с детальным описанием подана в печать).

На последнем этапе предобработки функциональные данные были сглажены с использованием гауссова фильтра с ядром 6 × 6 × 6 мм³ FWHM. Указанная методика предобработки фМРТ-данных была изложена ранее (Орлов и др., 2024): она была реализована и проведена на суперкомпьютере НИЦ «Курчатовский институт».

Обработка фМРТ-данных подробно описана в предыдущих работах (Орлов и др., 2024; Ковальчук и др., 2021; Орлов, 2023). Однако оценка активации зоны мозга имела некоторую специфику. Вначале выполнялся регрессионный анализ с помощью обобщенной линейной модели (ОЛМ), в качестве регрессоров использовались одновременно пять стимулов (все их предъявления), в парадигме event-related, без использования контрастов (сравнение с нулем). Далее исследовались voxели, имеющие статистически значимые отличия сигнала от нуля: а) подсчитывалось общее число voxелей, прошедших порог *p*-значений, в области интереса для каждого стимула; б) среди пяти стимулов выбирался стимул, набравший максимальное число прошедших порог voxелей в заданной области интереса. В тех случаях, когда активность voxелей позволяла успешно выполнить ДНСИ (т. е. выявить скрываемое имя) у конкретного человека, такой результат обозначался знаком «+», а когда диагностировать скрываемое имя не удавалось — результат обозначался знаком «-».

Обработка данных МРТсП подробно описана в работе (Малахов и др., 2023). В качестве амплитудных оценок связанных со стимулами активаций использовался суммарный перепад амплитуд сигналов (дискретная полная вариация) на эпохе анализа. Далее амплитудные оценки нормировались и усреднялись по предъявлениям. По полученным оценкам выбирался стимул, связанный с максимальным значением активации.

Участники исследования. Участниками фМРТ-МРТсП-экспериментов являлись мужчины и женщины в возрасте 21–23 лет, которые сообщили об отсутствии у них каких-либо заболеваний на момент участия в исследовании. Учитывая отмеченное ранее влияние гендерного фактора на результаты прикладных психофизиологических исследований (Холодный и др., 2021; Пилечева, Леднева, Холодный, 2024; Орлов и др., 2024), в рамках данной статьи представлены материалы анализа фМРТ-данных, полученных только от мужчин (23 чел.). Разрешение на проведение фМРТ-МРТсП-экспериментов было предоставлено этическим комитетом НИЦ «Курчатовский институт».



Результаты

Для изучения активности мозжечка на индивидуальном уровне в ходе проведения криминалистических тестов парадигмы СИ были применены разработанные в НИЦ «Курчатовский институт»:

— воксельная зоново-стимульная оценка (ВЗС-оценка) фМРТ-данных (Ковалчук и др., 2021; Орлов и др., 2023);

— оценка данных динамики кожно-гальванических реакций (КГР), дыхания (Дых.), частоты сердечного сокращений (ЧСС) и сосудистой активности, полученные методом фотоплетизмографии (ФПГ), которые были зарегистрированы с помощью МРТсП (Малахов и др., 2023).

Часть полученных в ходе изучения активности мозжечка данных представлена в табл. 2.

В исследовательских целях для диагностики скрываемого имени в ходе ТСИ с помощью МРТсП были получены данные КГР, ФПГ, ЧСС и дыхания (Дых.) исследуемых лиц (испытуемых) и осуществлена раздельная оценка этих данных.

Соответствующие нормированные оценки данных КГР, ФПГ, ЧСС и Дых. каждого из испытуемых на их имена указаны в табл. 2 (графы 3–6). Для удобства, оценки по каждому из перечисленных показателей, которые не позволили правильно диагностировать скрываемое имя у испытуемого, выделены желтым цветом.

Таблица 2 / Table 2

Обобщенное представление данных, полученных с помощью фМРТ и МРТсП при исследовании активности мозжечка мужчин (23 чел.) в ходе выполнения ими ТСИ

Generalized presentation of data obtained using fMRI and MRICP in the study of cerebellar activity in men (23 people) during their performance of the TCN

№ / No.	Участники исследования / Subject ID	Данные полиграфа / Polygraph Data					Число вокселей по порогу p < 0,001 / Number of voxels with p < 0,001	Диагностика по числу активных вокселей в заданных зонах / Diagnostics by number of active voxels in defined areas				
		КГР / SCR	ФПГ / PPG	ЧСС / HR	Дых. / Resp.	КГР + ФПГ / SCR + PPG		В структурах мозжечка / In areas of Cerebellum	В избранных структур моз- га / In selected brain areas	Гр. / Gr. 1	Гр. / Gr. 2	Гр. / Gr. 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1329	1,16	0,76	0,30	-0,10	0,96	55035	+	+	+	+	+
2	1339	0,56	0,43	0,29	0,59	0,50	12716	-	-	+	+	-
3	1342	1,09	0,66	0,89	0,06	0,88	37631	+	+	+	+	+
4	1350	0,64	0,66	-0,26	0,50	0,65	47676	-	-	+	+	-
5	1351	0,50	0,48	0,34	0,05	0,49	31880	-	-	+	+	+



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	1352	0,98	0,46	-0,21	-0,38	0,72	54501	+	+	-	-	-
7	1357	1,01	0,99	0,48	0,57	1,00	63140	+	+	+	+	+
8	1364	1,08	0,49	0,58	-0,07	0,78	69963	+	+	+	+	+
9	1365	1,10	0,42	-0,23	-0,14	0,76	12994	-	-	+	+	+
10	1366	0,75	0,72	0,00	-0,35	0,73	69387	+	+	+	+	+
11	1373	1,20	0,52	0,80	0,42	0,86	29891	+	+	+	+	+
12	1374	0,90	0,60	0,92	0,11	0,75	54574	-	-	-	-	+
13	1386	1,49	0,91	0,50	0,58	1,20	31849	+	+	+	+	+
14	1387	0,78	0,05	0,29	-0,45	0,42	41895	-	-	+	+	-
15	1392	0,42	0,33	0,22	-0,69	0,38	63207	-	-	-	-	-
16	1393	1,46	0,82	0,76	0,16	1,14	49198	+	+	-	-	-
17	1394	0,28	0,75	-0,27	-0,58	0,51	74516	+	+	+	+	+
18	1396	1,37	0,72	0,27	-0,12	1,05	70398	+	+	+	+	+
19	1397	1,06	0,95	0,60	0,18	1,00	10266	+	+	+	+	+
20	1398	1,16	0,56	0,32	-0,13	0,86	4953	-	-	-	-	-
21	1418	1,00	0,16	0,85	0,04	0,58	14276	-	-	-	+	+
22	1419	0,6	0,27	-0,40	-0,06	0,44	12228	-	-	+	+	+
23	1420	1,43	1,09	0,56	-0,53	1,26	21224	+	+	+	+	+
<i>Ошибочная диагностика / Error</i>		9%	4%	48%	78%	0%	-	39%	39%	22%	17%	26%
<i>Исключено из анализа / Excluded</i>		4%										

Как следует из табл. 2, ошибочная диагностика по ЧСС наблюдалась в 48% случаев, а по Дых. – в 78% случаев. Напротив, ошибочная диагностика по КГР и ФПГ в данной выборке составила, соответственно, 9% и 4% случаев. В силу низкой информативности ЧСС и Дых. в условиях проведенного эксперимента, они не учитывались в дальнейшем анализе, поскольку совместное использование двух других показателей – КГР и ФПГ – обеспечивало успешную диагностику скрываемого имени в 100% случаев (табл. 2, графа 7).

Известно, что качество и результаты проведенного фМРТ зависят от многих факторов – как сугубо технических, так и обусловленных состоянием и поведением исследуемого лица в ходе этой процедуры. Еще в начале разработки технологии ВЗС-оценки, среди прочего, было замечено, что «само количество статистически значимых вокселей, выявленных в ходе теста, может служить косвенным критерием качества выполненной регистрации фМРТ-данных» (Ковальчук и др., 2021, с. 106).

В частности, было установлено, что:

- «выделить значимый стимул» (т. е. скрываемое имя) при получении «в итоге ТСИ менее 8000 вокселей не представляется возможным» (Ковальчук и др., 2021, с. 106);
- при получении более 8000 вокселей уже удавалось – с различной степенью успешности – правильно диагностировать скрываемое имя.

Дальнейшие исследования подтвердили гипотезу о том, что общее количество вокселей, имеющих статистически значимое отличие от нуля связанного со стимулами сигнала, может служить косвенным критерием успешности проведенного фМРТ-исследования (Орлов и др., 2023).



Как известно, КАП СОНН разделил мозг на 132 зоны, и последними в этом списке – видимо, не случайно – являются зоны мозжечка (№№ 107–132).

МРТ-МРТсП-эксперименты, проводимые в системе КАП СОНН, позволили обнаружить среди зон большого мозга (№№ 1–106) «зоны, которые... устойчиво демонстрируют свою активность в тестах парадигмы СИ» (Орлов и др., 2024, с. 102). На основе этого наблюдения были сформированы три группы избранных зон (Гр. 1 – Гр. 3, табл. 2, графы 11–13), которые изучались на предмет возможности их использования в интересах нейрокриминалистики в качестве «зон-маркеров» факта сокрытия информации (Холодный и др., 2021; Орлов и др., 2023).

Аналогичный подход был применен к анализу активности мозжечка, в ходе которого оценивались:

- а) общая сумма статистически значимыхvoxелей в этой структуре (табл. 2, графа 9);
- б) сумма voxелей в избранной группе зон мозжечка (табл. 2, графа 10), предварительно отобранных (Орлов и др., 2023) в ходе экспериментов (табл. 1).

В тех случаях, когда активность той или иной группы зон (табл. 2, графы 9–13) позволяла успешно выполнить ДНСИ (т. е. выявить скрываемое имя) у конкретного человека, такой результат обозначался знаком «+», а когда диагностировать скрываемое имя не удавалось – знаком «-» и, для удобства, выделялся желтым цветом.

Описываемое исследование проводилось в два этапа.

А. На 1-м этапе при изучении активности мозжечка во время проведения ТСИ был обнаружен испытуемый (№ 20), у которого в результате фМРТ-МРТсП-исследования было выявлено менее 8000 статистически значимых voxелей (табл. 2, графа 8; выделены голубым цветом): он был исключен из дальнейшего анализа, и выборка уменьшилась до 22 человек.

Из табл. 2 видно, что:

- 1) у 14 из 22 мужчин (т. е. у 64% испытуемых, №№ 1, 3, 5, 7–11, 13, 17–19, 22–23; выделены знаком «+») наблюдалась максимальная активность в избранных зонах мозга (графы 11–13);
- 2) у 13 из 22 мужчин (т. е. у 59% испытуемых, №№ 1, 3, 6–8, 10–11, 13, 16–19 и 23; выделены знаком «+») наблюдалась максимальная активность в ряде зон мозжечка (графа 9–10);
- 3) у 11 из указанных мужчин (т. е. у 50% испытуемых, №№ 1, 3, 7–8, 10–11, 13, 17–19 и 23) максимальная активность наблюдалась во всех пяти исследуемых группах зон (графы 9–13);
- 4) у 10 испытуемых (46%, №№ 2, 4–6, 9, 12, 14, 16, 21–22) активность зон мозга наблюдалась лишь в нескольких группах или только в одной из них;
- 5) у 21 из 22 мужчин (т. е. у 95 % испытуемых) активность всех, нескольких или хотя бы одной из исследуемых групп зон (графы 9–13) позволяла правильно диагностировать скрываемый, значимый для конкретного человека стимул;
- 6) лишь у одного из 22 мужчин выборки (№ 15; т. е. 5% испытуемых) не было выявлено ни одной группы зон (графы 9–13), показавшей максимальную активность на сокрытие собственного имени.

Последний испытуемый (№ 15) заслуживает отдельного внимания. Хотя фМРТ-данные не позволили (графы 9–13) диагностировать скрываемое имя, его все же удалось диагностировать с помощью МРТсП по совокупной оценке КГР и ФПГ (табл. 2, графа 7), но эта оценка оказалась наименьшей во всей выборке (0,38).



В целях проверки вовлеченности мозжечка в реализацию нейрокогнитивных процессов, обеспечивающих ДНСИ, было предпринято дополнительное исследование.

Б. На втором этапе для изучения активности мозжечка в ходе криминалистических тестов парадигмы СИ был использован тот же (для каждого испытуемого выборки) набор имен в более сложных методических условиях.

В исследовании были использованы фМРТ – и МРТсП-данные, полученные с помощью криминалистического теста ситуационно-значимых стимулов (ТСЗС), состоящего из двух наборов стимулов (т. е. двух вопросников), которые идентичны по составу.

В реальных условиях ТСЗС используют как средство методического контроля адекватности реагирования человека на предъявляемые ему в ходе ИПП стимулы. Технология выполнения ТСЗС изложена в специальной литературе (Холодный, 1995; Холодный, 2014а; Холодный, 2014б).

Напомним (Холодный и др., 2021), что в ходе ТСИ, как известно, у испытуемого спрашивают: «Вас зовут ...?», – и он (согласно инструкции экспериментатора) скрывает свое имя, отвечая на все предъявляемые имена «нет», включая собственное. В рамках ТСЗС функции первого вопросника были возложены на ТСИ, в список имен которого, помимо собственного имени испытуемого, экспериментатор обязательно включает имя его отца.

В данной статье – для удобства дальнейшего изложения – второй вопросник ТСЗС именуется тестом со скрываемым именем отца (ТСИот).

Примерно через 20–25 мин. после ТСИ экспериментатор проводит ТСИот, в ходе которого предъявляет те же имена и спрашивает: «Вашего отца зовут ...?»; согласно инструкции, испытуемый также отвечает на все имена «нет», включая имя отца.

В рамках обоих тестов «с целью повышения вовлеченности и внимательности при выполнении теста, участник эксперимента после его завершения должен был сказать, сколько раз в ходе <...> (теста) прозвучало его имя» (Холодный и др., 2021, с. 23).

В исследовании второго этапа выборка испытуемых (23 мужчины) по техническим причинам уменьшилась до 21 человека: испытуемые №№ 1 и 20 не выполняли ТСИот (табл. 3; выделены голубым цветом).

В целях сохранения единства подхода к оценке данных, зарегистрированных МРТсП в ходе ТСИот, использовались те же два показателя – КГР и ФПГ: они обеспечили успешную диагностику скрываемого имени отца в 81% случаев (табл. 3, графа 7; оценки, не позволившие получить правильную диагностику, выделены желтым цветом).

Из табл. 3 видно, что в выборке (21 испытуемый) в ходе ТСИот:

1) у пяти мужчин (т. е. у 24% испытуемых, №№ 3, 6, 11, 14, 15, выделены знаком «+» и розовым цветом) наблюдалась максимальная активность мозжечка (графы 9–10) на скрываемое имя отца, и при этом совокупные (по КГР и ФПГ) оценки, полученные с помощью МРТсП (графа 7), располагались в интервале от 0,63 до 1,10;

2) у одного мужчины (№ 19) наблюдалась максимальная активность мозжечка на скрываемое имя отца, но диагностировать это имя по данным КГР и ФПГ не удалось (графа 7; оценка равна 0,16; выделена желтым цветом);

3) у пятнадцати оставшихся мужчин (т. е. у 71% испытуемых) максимальная активность мозжечка на скрываемое имя отца не наблюдалась и не позволила правильно диагностировать его в ТСИот;



Таблица 3 / Table 3

Обобщенное представление данных, полученных с помощью МРТсП и фМРТ
при исследовании активности мозжечка у мужчин при выполнении ими ТСИ и ТСИот
A summary of the data obtained using fMRI and MRIcP in the study of cerebellar activity
in men during the performance of TCN and TCNf

№ / No.	Участники исследования / Subject ID	ТСИ/TCN				ТСИот/TCNf			
		КПР + ФПП / SCR + PPG	Число voxelей по порогу $p < 0,001$ / Number of voxels with $p < 0,001$	По числу активных вокселей мозжечка / By number of active voxels of Cerebellum	Все зоны / All areas	Избранные зоны / Selected areas	КПР + ФПП / SCR + PPG	Число voxelей по порогу $p < 0,001$ / Number of voxels with $p < 0,001$	По числу активных вокселей мозжечка / By number of active voxels of Cerebellum
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1329	0,96	55035						
2	1339	0,50	12716	-	-	0,60	15506	-	-
3	1342	0,88	37631	+	+	0,63	40982	+	+
4	1350	0,65	47676	-	-	0,65	28865	-	-
5	1351	0,49	31880	-	-	0,62	84479	-	-
6	1352	0,72	54501	+	+	1,10	59476	+	+
7	1357	1,00	63140	+	+	0,08	35100	-	-
8	1364	0,78	69963	+	+	0,29	54817	-	-
9	1365	0,76	12994	-	-	0,94	49176	-	-
10	1366	0,73	69387	+	+	0,65	61509	-	-
11	1373	0,86	29891	+	+	0,70	14493	+	+
12	1374	0,75	54574	-	-	1,19	51879	-	-
13	1386	1,20	31849	+	+	0,80	41974	-	-
14	1387	0,42	41895	-	-	0,64	56923	+	+
15	1392	0,38	63207	-	-	0,64	67828	+	+
16	1393	1,14	49198	+	+	1,15	30773	-	-
17	1394	0,51	74516	+	+	0,78	36075	-	-
18	1396	1,05	70398	+	+	1,06	77338	-	-
19	1397	1,00	10266	+	+	0,16	32174	+	+
20	1398	0,86	4953						
21	1418	0,58	14276	-	-	0,91	64022	-	-
22	1419	0,44	12228	-	-	0,71	15541	-	-
23	1420	1,26	21224	+	+	-0,24	84788	-	-
Успешная диагностика / Successful diagnostics		100%	-	57%	57%	81%	-	29%	29%



4) у четырех испытуемых (№№ 7, 8, 19, 23; графа 7; выделены желтым цветом) имя отца не диагностировалось по совокупным данным КГР и ФПГ (оценки располагались в интервале от -0,24 до 0,29), но выделилось собственное имя, т. е. целевая установка ТСИот у этих испытуемых не сработала;

5) только у четырех мужчин (№№ 3, 6, 11, 19; т. е. у 19% испытуемых) была отмечена устойчивая максимальная активность мозжечка в ТСИ и ТСИот на соответствующие скрываемые имена. При этом оценки по совокупным данным КГР и ФПГ, полученным с помощью МРТсП, располагались в интервале от 0,72 до 1,00.

Результаты по п. Б. 5 показывают, что, с одной стороны, изменение инструкции (т. е. целевой установки (Асмолов, 1979)) по сокрытию собственного имени испытуемого в ТСИ на инструкцию (т. е. на новую целевую установку) по сокрытию имени его отца в ТСИот обусловливает изменение активности мозжечка и приводит к соответствующему «переключению» максимальной активности мозжечка с одного имени на другое.

Пример такого «переключения» максимальной активности мозжечка с одного имени (в ТСИ) на другое (в ТСИот) вследствие действия инструкции (и изменившейся целевой установки) для одного из испытуемых (табл. 2, исп. № 3) показан в табл. 4.

Таблица 4 / Table 4

Пример количественной ВЗС-оценки активности 26 зон мозжечка одного из испытуемых при выполнении им ТСИ и ТСИот

An example of a quantitative assessment of the activity of 26 areas of the cerebellum of one of the subjects when he performed the TCN and TCNf

№/ No.	Обозначение зоны мозжечка / Area Name	Кол-во вокселей / Number of voxels	ТСИ (собств. имя – 4) / TCN (own name – 4)					ТСИот (имя отца – 2) / TCNf (father's name – 2)				
			Номера стимулов / Stimuli numbers					Номера стимулов / Stimuli numbers				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
107	Cereb1 l	2292	61	22	0	130	0	0	243	135	3	27
108	Cereb1 r	2501	60	39	0	414	0	34	479	95	176	99
109	Cereb2 l	1917	27	0	0	35	0	0	13	3	0	0
110	Cereb2 r	2152	16	0	0	101	0	0	34	2	8	6
111	Cereb3 l	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	Cereb3 r	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	Cereb45 l	815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	Cereb45r	636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	Cereb6 l	1248	105	72	21	138	5	0	253	66	18	123
116	Cereb6 r	1525	153	41	0	175	0	0	233	0	28	54
117	Cereb7 l	581	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0
118	Cereb7 r	543	1	0	0	19	0	0	8	0	0	0
119	Cereb8 l	1888	0	0	0	0	0	0	10	0	0	3
120	Cereb8 r	2297	12	0	0	38	0	0	27	0	0	13



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
121	Cereb9 1	855	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	Cereb9 г	811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	Cereb10 1	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	Cereb10 г	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	Ver12	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	Ver3	223	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
127	Ver45	635	6	0	0	20	0	0	0	0	0	0
128	Ver6	335	44	9	0	33	0	0	0	4	2	18
129	Ver7	188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	Ver8	248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
131	Ver9	166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	Ver10	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Вместе с тем, более детальное рассмотрение табл. 3 показывает, что смена установки несколько по-разному отражается на показателях вегетативных реакций и активности мозжечка. Результаты по пп. Б. 2 и 4 показывают, что действие целевой установки не всегда сопровождается доминирующей активацией мозжечка и/или вегетативных реакций на соответствующий стимул. У 12 испытуемых (№№ 2, 4, 5, 9, 10, 12, 13, 16–18, 21–22) можно заметить расхождение показателей — неверная диагностика в ТСИот по активности мозжечка (графа 9), но верная по совокупным данным КГР и ФПГ (графа 7). В этой связи стоит упомянуть минимум о двух факторах, недостаточно исследованных здесь, но представляющих интерес для дальнейшей разработки: а) примененный в методике мысленный подсчет числа значимых стимулов участником эксперимента для повышения вовлеченности и внимательности, который может оказывать непосредственное влияние на активность мозжечка; б) сохранение вклада высокой личностной значимости собственного имени одновременно с действием фактора смены установки, что, ожидаемо, проявляется в эффекте общего снижения процента успешной диагностики в ТСИот (табл. 3, нижняя строка). Качественная оценка этих факторов составляет предмет дальнейшего анализа.

Обсуждение результатов

Подводя итог двух этапов проведенного исследования, следует констатировать, что представленное в данной статье изучение роли и функций мозжечка в интересах криминалистической психофизиологии начато в мировой практике впервые. Описанные намеренно подробно результаты экспериментов наглядно показывают сложность проявления активности мозговых структур в условиях выполнения криминалистических тестов парадигмы СИ: повышение активности конкретных зон высших отделов мозга (так называемых «зон-маркеров» сокрытия информации) не обязательно сопровождается активностью зон мозжечка, и наоборот. Это же относится и к согласованности данных, полученных в итоге фМРТ и применения МРТсП.

Важнейшим результатом представленной работы является не только экспериментальное подтверждение вовлеченности мозжечка в нейрокогнитивные процессы, обеспечивающие возможность ДНСИ, но и демонстрация относительно автономного участия этой структуры в дифференцированной оценке воспринимаемых стимулов по их значимости в условиях проводимого исследования.



В целом, результаты проведенных экспериментов успешно согласуются с ранее полученными данными о вовлеченности мозжечка в обеспечение функций памяти человека (например — эмоциональной памяти) и являются еще одним подтверждением (см. выше) гипотезы о «координирующей роли» мозжечка в ходе обработки информации: согласно этой гипотезе, как уже было упомянуто выше, мозжечок осуществляет регулировку поступления и обработки информации.

Как было коротко показано в нашем исследовании, «в течение более 100 лет со времен известных работ Кахала мозжечок остается наиболее интригующей структурой» (Reeber, Otis, Sillitoe, 2013, p. 8) и до последнего времени о его функционировании известно недостаточно. В связи с этим представляется полезным рассмотреть согласованность данных настоящего исследования с данными и позициями, изложенными в литературе, учитя при этом результаты системно-эволюционного анализа (Александров, 2022) роли нейронных специализаций мозжечка в обеспечении поведения. Этот вариант системного анализа (Alexandrov, 2022) интересен тем, что он направлен на выявление структуры индивидуального опыта, формируемой у индивида при обучении, а указание на связь мозжечка с формированием и актуализацией памяти, извлечение которой обеспечивает реализацию поведения, встречается в большинстве посвященных изучению мозжечка работ.

Еще в конце 1980-х годов отечественные ученые при исследовании активности нейронов мозжечка животного, совершающего сложное инструментальное поведение, обнаружили (Гринченко, Александров, 1988), что большинство нейронов принадлежат к системам, сформированным на *ранних* этапах индивидуального развития, в то время как количество нейронов, принадлежащих к более дифференцированным системам, сформированным на более *поздних* этапах, было статистически достоверно меньшим (в экспериментальной выборке мозжечка такие нейроны отсутствовали), чем количество, обнаруживаемое в тех же экспериментальных условиях в корковых структурах. Активность нейронов «ранних», менее дифференцированных систем обеспечивала целенаправленные поведенческие акты, реализуемые в экспериментальной клетке, оказываясь при этом феноменологически связанный с тем или иным движением (головы и/или тела). Принадлежность к подобным системам, которые вовлекаются не в одно конкретное поведение (что частый случай для нейронов «поздних» систем), а в разные поведенческие акты, формирующиеся в продолжении всего индивидуального развития, не говорит о независимости активности нейронов этих «ранних» систем от целей конкретного поведения. В частности, было показано (Александров, 1989), что, хотя нейроны «ранних» систем вовлекаются во множество поведений, характеристики их активаций, например частота спайков в активации, меняются при переходе индивида от достижения одной цели к достижению другой. Иначе говоря, при достижении разных целей активность этой совокупности клеток, возникающая во всех актах, оказывается в них разной. Таким образом, связь активности с движением и с достижением цели — разное описание одной реальности: принадлежности нейрона к данной системе, актуализирующейся в этом поведении, которое характеризуется тем или иным набором движений.

Что касается упомянутой выше гипотезы о «координирующей функции» мозжечка, она может служить специальным описанием феноменологического проявления отмеченного свойства систем, к которым принадлежат его нейроны: эти системы преимущественно «ранние», поэтому они включаются в обеспечение самых разных поведенческих актов, объ-



единяясь вместе с позднее сформированными во множество одновременно активированных систем разного «возраста» для обеспечения каждого конкретного поведения.

Таким образом, вступая в межсистемные отношения с системами, появляющимися на более поздних этапах онтогенеза, они оказываются, в определенном смысле, «узлами», связывающими посредством межсистемных отношений элементы памяти (системы), включая и вновь формирующиеся в процессе эксперимента.

Упомянутая выше (Alexandrov, 2022; Гринченко, Александров, 1988; Александров, 1989; и др.) связь активности мозжечка с движением спустя десятилетия была продемонстрирована другими исследователями (Hull, Regehr, 2022; Heck et. al., 2013), которые описали активацию нейронов мозжечка у приматов при совершении движений глаз, головы и конечностей, что согласуется с ранее полученными данными.

Имеются данные литературы, свидетельствующие в пользу предположения о том, что нейроны мозжечка, исследованные другими авторами, также специализированы относительно сравнительно «ранних» систем. В частности, было показано, что спонтанная активность нейронов разных структур мозга, принадлежащих к «ранним» системам, статистически достоверно выше, чем таковая у нейронов, относящихся к «поздним» системам (Alexandrov et. al., 1993; Созинов, 2008). Если учесть, что пропорция нейронов «ранних» систем в наших экспериментах с мозжечком достоверно превышала таковую в корковых структурах (Гринченко, Александров, 1988), то данные (Hull, Regehr, 2022; Heck et. al., 2013) о том, что спонтанная активность нейронов мозжечка в целом выше, чем у нейронов коры мозга, подтверждают высказанное предположение.

Заметим, что, в принципе, логика, описанная выше для рассмотрения движения, применима и к другим *описаниям* целостного поведения, встречающимся в литературе о мозжечке: восприятие, обработка и контроль информации, эмоции и т. д. (Reeber, Otis, Sillitoe, 2013; Heck et. al., 2013). Интересно, что отношение «ранних» систем к «восприятию» было описано нами ранее при анализе активности кожных рецепторов человека (Александров, 1989). Что же касается эмоций, то в рамках единой концепции сознания и эмоций было аргументировано, что эмоции являются характеристикой именно «ранних», сравнительно менее дифференцированных систем (Александров, 2006; Alexandrov, Sams, 2005).

Таким образом, в рассмотренных аспектах данные фМРТ-исследований, выполненных в НИЦ «Курчатовский институт», согласуются с данными, полученными другими исследователями.

Заключение

Из представленных выше экспериментально установленных фактов можно сделать ряд выводов.

Во-первых, активность мозжечка определенным образом связана с актуализацией личностно значимой информации, но обнаружена специфика зарегистрированных показателей. Дальнейшее изучение активности мозжечка в рамках парадигмы СИ позволит, вероятно, понять природу тех ситуаций, когда активность конкретных зон высших отделов мозга («зон-маркеров» факта сокрытия информации), а также динамика вегетативных реакций человека не сопровождаются активностью зон мозжечка, и наоборот. Отдельного изучения требует влияние побочных факторов, таких как мысленный подсчет значимых стимулов участником эксперимента.



Во-вторых, активность мозжечка, видимо, может быть использована в качестве самостоятельного и относительно независимого «маркера», используемого в целях ДНСИ.

В-третьих, изложенные в п. Б. 5 результаты демонстрируют пример реализации успешной ДНСИ и могут служить иллюстрацией работы «макета» комплексной фМРТ-МРТсП-методики, когда активность «зон-маркеров» большого мозга, мозжечка и динамика вегетативных реакций человека, регистрируемых с помощью МРТсП, достоверно указывают на исследуемый в парадигме СИ признак или факт устанавливаемого события прошлого.

Изучение роли и функций мозжечка в интересах решения задач криминалистической психофизиологии и ДНСИ будет продолжено.

Ограничения. Известным ограничением методики являлся мысленный подсчет числа значимых стимулов участником эксперимента для повышения вовлеченности и внимательности.

Limitations. A known limitation of the method was the mental counting of the number of significant stimuli by the experiment participant in order to increase involvement and attention.

Список источников / References

1. Александров, Ю.И. (1989). *Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении*. М.: Наука.
Alexandrov, Yu.I. (1989). *Psychophysiological significance of the activity of central and peripheral neurons in behavior*. Moscow: Nauka. (In Russ.).
2. Александров, Ю.И. (2006). От эмоций к сознанию. В: Д.В. Ушаков (ред.), *Психология творчества: школа Я.А. Пономарева* (с. 293–328). М.: Институт психологии РАН.
Alexandrov, Yu.I. (2006). From emotions to consciousness. In: D.V. Ushakov (Ed.), *Psychology of creativity: school of Ya. A. Ponomarev* (pp. 293–328). Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. (In Russ.).
3. Александров, Ю.И. (2022). Системная психофизиология (Глава 14). В: Ю.И. Александров (ред.), *Психофизиология. Учебник для вузов* (с. 290–345). 5-е издание. СПб.: Питер.
Alexandrov, Yu.I. (2022). Systemic psychophysiology (Chapter 14). In: Yu.I. Aleksandrov (Ed.), *Psychophysiology. Textbook for universities* (pp. 290–345). 5th edition. St. Petersburg: Publishing house “Piter”. (In Russ.).
4. Асмолов, А.Г. (1979). Деятельность и установка. М.: Изд. МГУ.
Asmolov, A.G. (1979). Activity and affirmation. Moscow: Moscow State University Publishing House. (In Russ.).
5. Бауэр, Дж., Парсонс, Л. (2003). Этот загадочный мозжечок. В: *В мире науки* (с. 39–45) / пер. с англ.
Bauer, J., Parsons, L. (2003). This mysterious cerebellum. In: *In the world of science* (pp. 39–45) / transl. from Engl. (In Russ.).
6. Гринченко, Ю.В., Александров, Ю.И. (1988). Активность нейронов мозжечка в пищедобывательном поведении. Сопоставление с активностью нейронов моторной коры. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*, 38(6), 1164–1168.
Grinchenko, Yu.V., Aleksandrov, Yu.I. (1988). Activity of cerebellar neurons in food-procuring behavior. Comparison with the activity of motor cortex neurons. *Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, 38(6), 1164–1168. (In Russ.).
7. Дудел, Дж., Шмидт, Р., Яниг, В. (1985). *Физиология человека: в 4-х томах. Т. 1* / пер. с англ. М.: Мир.
Dudel, J., Schmidt, R., Janig, V. (1985). *Human physiology: in 4 volumes. Vol. 1* / transl. from Engl. Moscow: Mir. (In Russ.).



8. Карнюшко, О.А., Зиматкин, С.М. (2018). Современные представления о функциях мозжечка (обзор литературы). *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*, 16(3), 257–262.
Karnyushko, O.A., Zimatkin, S.M. (2018). Modern concepts of cerebellar functions (literature review). *Journal of Grodno State Medical University*, 16(3), 257–262. (In Russ.).
9. Ковалчук, М.В., Карташов, С.И., Орлов, В.А., Холодный, Ю.И. (2021). фМРТ-диагностика скрываемой информации на индивидуальном уровне. *Вестник ВИТ «Эра»*, 2(4), 103–107.
Kovalchuk, M.V., Kartashov, S.I., Orlov, V.A., Kholodny, Yu.I. (2021). fMRI diagnostics of hidden information at the individual level. *Vestnik VIT "Era"*, 2(4), 103–107. (In Russ.).
10. Малахов, Д.Г., Орлов, В.А., Карташов, С.И., Скитева, Л.И., Ковалчук, М.В., Александров, Ю.И., Холодный, Ю.И. (2023). Оптимизация параметров обработки сигналов в психофизиологических исследованиях на примере КГР и ФПГ. *Экспериментальная психология*, 16(1), 62–86.
Malakhov, D.G., Orlov, V.A., Kartashov, S.I., Skiteva, L.I., Kovalchuk, M.V., Alexandrov, Yu.I., Kholodny, Yu.I. (2023). Optimization of signal processing parameters in psychophysiological studies using the example of GSR and PPG. *Experimental Psychology*, 16(1), 62–86. (In Russ.).
11. Механизмы деятельности мозга человека. Часть 1. Нейрофизиология человека (1988). Н.П. Бехтерева (ред.). Л.: Наука
Mechanisms of human brain activity. Part 1. Human neurophysiology (1988). N.P. Bekhtereva (Ed.). Leningrad: Science. (In Russ.).
12. Миронец, С.А. (2023). Роль мозжечка в становлении и функционировании навыка чтения. *Психологические исследования*, 16(87), 6–47.
Mironets, S.A. (2023). The role of the cerebellum in the development and functioning of reading skills. *Psychological studies*, 16(87), 6–47. (In Russ.).
13. Петровский, Б.В. (Ред.). (1989). *Мозжечок. Краткая медицинская энциклопедия: в 3-х томах. Т. 2.* М.: Советская энциклопедия.
Petrovsky, B.V. (Ed.). (1989). Cerebellum. *Brief medical encyclopedia: in 3 volumes. Vol. 2.* Moscow: Soviet Encyclopedia. (In Russ.).
14. Орлов, В.А. (2021). Построение модели когнитивного пространства человека по данным функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ): дис. ... канд. физ.-мат. наук. МГУ. М. Orlov, V.A. (2021). Construction of a model of human cognitive space based on functional magnetic resonance imaging (fMRI) data: Diss. Cand. Phys. and Mathematics. Moscow State University. Moscow. (In Russ.).
15. Орлов, В.А., Карташов, С.И., Ковалчук, М.В., Холодный, Ю.И. (2023). Оценка фМРТ-данных на индивидуальном уровне. *Вестник ВИТ «ЭРА»*, 4(3), 326–330.
Orlov, V.A., Kartashov, S.I., Kovalchuk, M.V., Kholodny, Yu.I. (2023). Evaluation of fMRI data at the individual level. *Vestnik of VIT "Era"*, 4(3), 326–330. (In Russ.).
16. Орлов, В.А., Карташов, С.И., Малахов, Д.Г., Ковалчук, М.В., Александров, Ю.И., Холодный, Ю.И. (2024). Исследования в парадигме сокрытия информации: оценка фМРТ-данных на групповом уровне. *Экспериментальная психология*, 17(1), 86–107.
Orlov, V.A., Kartashov, S.I., Malakhov, D.G., Kovalchuk, M.V., Aleksandrov, Yu.I., Kholodny, Yu.I. (2024). Research in the paradigm of information concealment: evaluation of fMRI data at the group level. *Experimental Psychology*, 17(1), 86–107. (In Russ.).
17. Пилечева, А.В., Леднева, А.С., Холодный, Ю.И. (2024). Влияние гормонального цикла женщин на результаты прикладных психофизиологических исследований. В: *Актуальные проблемы использования специальных знаний в уголовном, гражданском, арбитражном процессе и делам об административных правонарушениях: материалы XIII международной научно-практической конференции НИИ проблем правового государства* (с. 173–178). Уфа.
Pilecheva, A.V., Ledneva, A.S., Kholodny, Yu.I. (2024). The influence of the hormonal cycle of women on the results of applied psychophysiological studies. In: *Actual problems of using special knowledge in criminal, civil, arbitration proceedings and cases of administrative offenses: proceedings of the XIII international scientific and practical conference of Research Institute of Problems of the Rule of Law* (pp. 173–178). Ufa. (In Russ.).



18. Созинов, А.А. (2008). Эффект интерференции и реорганизация памяти при обучении: Дис. ... канд. психол. наук. (спец. «психофизиология»). М.
Sozinov, A.A. (2008). The interference effect and memory reorganization during learning: Diss. Cand. of Psychological Sciences (“psychophysiology”). Moscow. (In Russ.).
19. Физиология поведения: нейрофизиологические закономерности. (1986). А.С. Батуев (Ред.). Л.: Наука.
Physiology of behavior: Neurophysiological patterns. (1986). A.S. Batuev (Ed.). Leningrad: Science. (In Russ.).
20. Холодный, Ю.И. (1995). Комплексная методика специального психофизиологического исследования с применением полиграфа (Утверждена 12.06.1995). М.: ИК ФСБ России.
Kholodny, Yu.I. (1995). Comprehensive methodology of special psychophysiological research using a polygraph (Approved on 12.06.1995). Moscow: IR FSB of Russia. (In Russ.).
21. Холодный, Ю.И. (2014а). Методические средства судебно-психофизиологической экспертизы с применением полиграфа. *Юридическая психология*, 2, 26–33.
Kholodny, Yu.I. (2014a). Methodological tools of forensic psychophysiological examination using a polygraph. *Legal Psychology*, 2, 26–33. (In Russ.).
22. Холодный, Ю.И. (2014б). Некоторые прикладные аспекты производства судебной психофизиологической экспертизы с применением полиграфа. *Вестник криминалистики*, 2(50), 27–36.
Kholodny, Yu.I. (2014b). Some applied aspects of the production of forensic psychophysiological examination using a polygraph. *Criminalistics Bulletin*, 2(50), 27–36. (In Russ.).
23. Холодный, Ю.И., Малахов, Д.Г., Орлов, В.А., Карташов, С.И., Александров, Ю.И., Ковалчук, М.В. (2021). Изучение нейрокогнитивных процессов в парадигме сокрытия информации. *Экспериментальная психология*, 14(3), 17–39. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140302>
Kholodny, Yu.I., Malakhov, D.G., Orlov, V.A., Kartashov, S.I., Alexandrov, Yu.I., Kovalchuk, M.V. (2021). Study of neurocognitive processes in the paradigm of information concealment. *Experimental Psychology*, 14(3), 17–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140302>
24. Холодный, Ю.И. (2022а). Нейрокриминалистика – новое направление криминалистической диагностики. В: *Теория и практика фундаментальных и прикладных исследований в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения Российской Федерации: Материалы международной научно-практической конференции* (с. 209–216). Уфа.
Kholodny, Yu.I. (2022a). Neurocriminology – a new direction in forensic diagnostics. In: *Theory and practice of fundamental and applied research in the field of forensic activities and DNA registration of the population of the Russian Federation: Proceedings of the international scientific and practical conference* (pp. 209–216). Ufa. (In Russ.).
25. Холодный, Ю.И. (2022б). Криминалистическая психофизиология (Глава 23). В: Ю.И. Александров (ред.), *Психофизиология*. Учебник для вузов. 5-е издание (с. 479–508). СПб.: Питер.
Kholodny, Yu.I. (2022b). Forensic psychophysiology (Chapter 23). In: Yu.I. Alexandrov (Ed.), *Psychophysiology. Textbook for universities*. 5th edition (pp. 479–508). St. Petersburg: Publishing house “Piter”. (In Russ.).
26. Alexandrov, Yu.I., Grinchenko, Yu.V., Laukka, S., J rvilehto, T., Maz, V.N., Korpusova, A.V. (1993). Effect of ethanol on hippocampal neurons depends on their behavioural specialization. *Acta physiologica Scandinavica*, 149(1), 105–115.
27. Alexandrov, Yu.I., Sams, M.E. (2005). Emotion and consciousness: Ends of a continuum. *Cognitive Brain Research*, 25, 387–405.
28. Alexandrov, Yu.I. (2022). Chapter 3. Systemic Psychophysiology. In: C. Forsythe (Ed.), *Russian Cognitive Neuroscience: Historical and Cultural Context* (pp. 56–86). Leiden, The Netherlands: Brill. https://doi.org/10.1163/9789004505667_004
29. Fastenratha, M., Spaleka, K., Coynela, D., et al. (2022). Human cerebellum and corticocerebellar connections involved in emotional memory enhancement. *PNAS*, 119(41), 1–9.
30. Heck, D.H., De Zeeuw, C.I., Jaeger, D., Khodakhah, K., Person, A.L. (2013). The neuronal code(s) of the cerebellum. *Journal of Neuroscience*, 33(45), 17603–17609.



31. Hull, C., Regehr, W.G. (2022). The cerebellar cortex. *Annual review of neuroscience*, 45(1), 151–175.
32. Jorge Almeida, J., Martins, A.R., Amaral, L., et al. (2023). The cerebellum is causally involved in episodic memory under aging. *GeroScience*, 45, 2267–2287.
33. Reeber, S.L., Otis, T.S., Sillitoe, R.V. (2013). New roles for the cerebellum in health and disease. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7:83. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00083>
34. Togo, H., Rokicki, J., Yoshinaga, K., et al. (2017). Effects of Field-Map Distortion Correction on Resting State Functional Connectivity MRI. *Frontiers in Neuroscience*, 11:656. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00656>
35. Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., et al. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage*, 15(1), 273–289.

Информация об авторах

Вячеслав Андреевич Орлов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: orlov_va@nrcki.ru

Сергей Иванович Карташов, научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru

Денис Геннадьевич Малахов, кандидат психологических наук, заместитель заведующего лабораторией экспериментальной и прикладной психофизиологии, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru

Михаил Валентинович Ковалчук, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru

Юрий Иосифович Александров, доктор психологических наук, профессор, член-корреспондент РАО, заведующий лабораторией психофизиологии им. В.Б. Швыркова, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Юрий Иванович Холодный, доктор юридических наук, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией экспериментальной и прикладной психофизиологии, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru

Information about the authors

Vyacheslav A. Orlov, Candidate of Science (Physics and Mathematics), Senior Research Associate, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: orlov_va@nrcki.ru

Sergey I. Kartashov, Research Associate, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru

Denis G. Malakhov, Candidate of Science (Psychology), Deputy Head of Laboratory of Applied and Experimental Psychophysiology, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru

Mikhail V. Kovalchuk, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, President of National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru



Yuri I. Alexandrov, Doctor of Psychology, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Head of the Laboratory of Psychophysiology named after V.B. Shvyrkov, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Yuri I. Kholodny, Doctor of Law, Candidate of Science (Psychology), Senior Research Associate, Head of the Laboratory of Experimental and Applied Psychophysiology, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru

Вклад авторов

Орлов В.А. – обработка фМРТ-данных, разработка методики ВЗС-оценки.

Карташов С.И. – проведение исследования, сбор фМРТ-МРИсП-данных.

Малахов Д.Г. – разработка МРИсП и обработка данных.

Ковалчук М.В. – идея исследования.

Александров Ю.И. – обсуждение результатов исследования.

Холодный Ю.И. – планирование исследования, контроль за проведением исследования, формулировка методики ВЗС-оценки, интерпретация результатов, написание рукописи.

Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.

Contribution of the authors

Vyacheslav A. Orlov – fMRI data processing, development of the activation assessment method.

Sergey I. Kartashov – conducting the study, collecting fMRI-MRIcP data.

Denis G. Malakhov – development of MRIcP and data processing.

Mikhail V. Kovalchuk – idea of the research.

Yuri I. Alexandrov – discussion of the study results.

Yuri I. Kholodny – study planning, study supervision, formulation of the activation assessment method, interpretation of the results, writing the manuscript.

All authors participated in the discussion of the results and approved the final text of the manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Декларация об этике

Исследование было рассмотрено и одобрено этическим комитетом НИЦ «Курчатовский институт» (протокол № 5 от 05.04.2017).

Ethics statement

The study was reviewed and approved by the Ethics Committee of NRC “Kurchatov Institute” (report no. 5, 2017/04/05).

Поступила в редакцию 04.04.2025

Received 2025.04.04

Поступила после рецензирования 25.04.2025

Revised 2025.04.25

Принята к публикации 25.04.2025

Accepted 2025.04.25

Опубликована 30.09.2025

Published 2025.09.30