

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## Гемодинамические показатели в покое у пациентов с мягким сдавлением гиппокампа

Бычкова А.С.<sup>1</sup>, Машеров Е.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия

Современные нейросетевые модели функционирования мозга предполагают самоорганизацию распределенных нейрональных элементов в сеть для переработки информации. Функциональная связность между отдаленными структурами мозга при отсутствии внешней стимульной нагрузки поддерживается сетями состояния покоя. В работу сетей покоя в той или иной степени вовлечен гиппокамп. В исследовании приняли участие 32 пациента с доброкачественными внемозговыми опухолями мозга, мягко сдавливающими медиобазальные отделы височной доли в области гиппокампа (17 с левосторонней и 15 с правосторонней локализацией), и 19 здоровых испытуемых контрольной группы. Выделенные группы пациентов были сопоставимы по морфометрическим характеристикам опухоли, степени сдавления полушария и по социально-демографическим признакам. В исследовании был использован метод функциональной ближней инфракрасной спектроскопии (фНИРС), позволяющий изучить гемодинамические показатели мозга. Регистрация мозговой активности проводилась в префронтальной коре во время трехминутных сеансов покоя, предваряемых разными инструкциями. Для клинических групп было выявлено значительное ослабление межполушарных связей. Различия между группами пациентов стали более заметными в условиях «регулируемого» покоя с помощью направляющих инструкций для свободных размышлений. У пациентов с левосторонними опухолями наблюдалось преобладание активности в левой префронтальной коре, тогда как пациенты с правосторонними образованиями демонстрировали более равномерное распределение активности. Использование направляющих инструкций позволило выявить специфические особенности функциональной организации мозга у пациентов с объемными образованиями.

**Ключевые слова:** ближняя инфракрасная спектроскопия, гемодинамика мозга, функциональная связность, состояние покоя, гиппокамп, межполушарное взаимодействие

## Введение

Изменение функциональной активности мозговых областей сопровождается изменением локального кровотока и уровня оксигенации крови [Biswal, Uddin, 2025; Buxton, 2009]. Уровень оксигенации отражает баланс между оксигенированным (HbO) и дезоксигенированным (HbR) гемоглобином в крови. Данный комплекс изменений составляет гемодинамический ответ — закономерное изменение кровоснабжения и потребления кислорода в ответ на повышение нейронной активности. Этот ответ широко используется как косвенный маркер в методах нейровизуализации. В фМРТ он регистрируется как BOLD-сигнал (Blood Oxygenation Level Dependent), чувствительный к изменению концентрации HbR. В методе функциональной ближней инфракрасной спектроскопии (фНИРС: fNIRS — functional near-infrared spectroscopy) также регистрируются изменения концентраций гемодинамических показателей — оксигенированного (HbO) и дезоксигенированного (HbR) гемоглобина. Принцип метода основан на регистрации изменений данных показателей с помощью светового излучения в ближнем инфракрасном диапазоне (обычно 690-850 нм). Поскольку окси- (HbO) и дезоксиформы (HbR) обладают разными спектрами поглощения, использование двух длин волн позволяет различить их вклад и оценить локальную оксигенацию тканей. Анализ синхронизации гемодинамических ответов между разными областями мозга позволяет оценить гемодинамическую связность — меру функционального взаимодействия между нейронными сетями. Таким образом, фНИРС дает возможность неинвазивно отслеживать активность коры головного мозга в режиме реального времени.

Ключевые преимущества фНИРС включают его портативность и неинвазивность, что делает метод особенно ценным для клинических и научных исследований. В отличие от фМРТ, фНИРС не требует создания сильного магнитного поля, что позволяет безопасно использовать его даже у детей раннего возраста, беременных женщин и пациентов с металлическими имплантатами или другими противопоказаниями к магнитно-резонансной томографии [Gao, 2024; Rahman, 2020]. Важным преимуществом является бесшумность работы фНИРС-оборудования, что существенно уменьшает стресс и напряжение у испытуемых во время выполнения когнитивных задач [Gallagher, 2023]. Это принципиальное отличие от функциональной МРТ покоя, где одной из ключевых методических проблем остается снижение шумовых

артефактов (как связанных с работой сканера, так и вызванных движениями испытуемого) для выделения гемодинамических сигналов [Biswal, Uddin, 2025]. Сравнительный анализ разрешающей способности показывает, что фНИРС занимает оптимальную позицию между основными методами нейровизуализации: временное разрешение (от 0,1 до 2 с) превосходит возможности фМРТ (~2 с), а пространственное разрешение (1-3 см) значительно лучше, чем у ЭЭГ (>1 см) [Ferrari, Quaresima, 2012; Pinti et al., 2020]. Также ценным свойством фНИРС является его совместимость с другими методами: комбинация с ЭЭГ дает одновременный доступ к электрической и гемодинамической активности мозга, а совместное использование с фМРТ позволяет коррелировать данные высокой пространственной точности с портативными измерениями [Su et al., 2023; Zhong et al., 2025].

Клинические применения фНИРС разнообразны. В педиатрии метод используется для исследований развития мозга, включая изучение перцептивных процессов и когнитивных функций у младенцев и детей [Vanderwert, Nelson, 2014]. В психиатрии фНИРС используется для объективной диагностики расстройств аутистического спектра [Liu et al., 2019; Ishii-Takahashi et al., 2014], шизофрении [Quaresima et al., 2009; Ehli et al., 2014; Rosenbaum et al., 2020; Li et al., 2023] и аффективных расстройств, позволяя выявлять характерные паттерны префронтальной активации. В неврологической практике метод применяется для мониторинга восстановительных процессов после инсульта [Agun et al., 2020] и черепно-мозговых травм, а также для оценки эффективности нейрореабилитационных программ [Gong et al., 2025]. Неинвазивный характер и относительная простота использования фНИРС открывают широкие перспективы для его применения в интерфейсах «мозг-компьютер» (BCI), особенно в системах нейрореабилитации [Ruotsalo et al., 2023].

Особый интерес представляет применение фНИРС для изучения функциональной связности и нейропластичности крупномасштабных сетей мозга [Pinti et al., 2019], в частности сети пассивного режима мозга (Default Mode Network, DMN). Данная сеть представляет собой систему взаимосвязанных областей мозга, которые самостоятельно и синхронно активируются в состоянии покоя и деактивируются при выполнении когнитивных задач [Friston et al., 2011; Raichle, 2015; Van Calster et al., 2017; Esposito et al., 2018]. Эта нейронная система специализируется на внутренне ориентированных когнитивных процессах — мысленных образах и

идеях, которые мозг генерирует, комбинируя прошлый опыт и знания без опоры на непосредственные внешние стимулы [Buckner, DiNicola, 2019], что лежит в основе таких процессов, как автобиографическая память, планирование будущего и спонтанные размышления [Yeshurun et al., 2021]. Важное значение в организации сетей состояния покоя принадлежит гиппокампу. Эта структура функционально связана с DMN, поскольку вносит особый вклад в процессы консолидации автобиографических воспоминаний [Yeshurun et al., 2021], участвует в прогностической деятельности мозга [Friston et al., 2011; Buckner, DiNicola, 2019] и обрабатывает пространственно-временной контекст [Raichle, 2015; Buckner, DiNicola, 2019]. При этом гиппокамп демонстрирует сложную динамику, участвуя в работе различных сетей покоя и активируясь при обработке новой информации, что указывает на его важную роль в интеграции внутренних и внешних процессов.

В нашем исследовании мы изучали уникальную группу пациентов с доброкачественными внемозговыми опухолями мозга, вызывающими лево- или правостороннее сдавление гиппокампа. Такое естественное «экспериментальное» воздействие позволяет исследовать влияние локального сдавления на динамику нейронной связности. Учитывая технические ограничения нашего фНИРС-оборудования (16 каналов), мы приняли решение сосредоточиться на регистрации активности в основном лобных отделах. Этот выбор был обусловлен несколькими ключевыми факторами. Во-первых, префронтальная кора связана с гиппокампом через полисинаптические пути и участвует в когнитивной компенсации при его повреждении [Dickerson, Eichenbaum, 2010; Eichenbaum, 2017]. Во-вторых, в исследовании использовались направляющие спонтанный мыслительный поток инструкции для унификации содержания мыслей, что требовало участия исполнительных функций, реализуемых преимущественно лобными долями. Несмотря на богатство и разнообразие когнитивных, перцептивных и моторных процессов, составляющих текущий опыт субъектов во время состояния покоя, исследователи редко признают эти вклады и вместо этого используют один общий термин, такой как «спонтанный», чтобы описать всю нейронную активность, наблюдаемую во время покоя. Такое допущение отражает ограниченное понимание того, как содержание текущих переживаний во время состояния покоя влияет на формирование и динамику функциональных связей между различными сетями и регионами мозга. Отмечается, что

спонтанный поток мыслей, характеризующийся высокой индивидуальной вариативностью, может существенно исказить регистрируемые гемодинамические паттерны [Gonzalez-Castillo et al., 2021]. В связи с этим современные подходы все чаще подчеркивают необходимость разработки специализированных протоколов, позволяющих стандартизировать ментальную активность участников [Gonzalez-Castillo et al., 2015; Бычкова, Кроткова, Ениколопова, 2023]. В-третьих, предварительные данные [Кроткова и др., 2025] показали латерализованные различия в самоотчетах пациентов после сеансов с направляющими мыслительный поток инструкциями в состоянии покоя.

Наше исследование направлено на изучение гемодинамических характеристик префронтальных отделов коры мозга в условиях простого и «регулируемого» (с направляющими мыслительный поток инструкциями) покоя у пациентов с асимметричным воздействием на гиппокамп с целью изучения влияния патологического процесса на функциональную связность в состоянии покоя.

## Методика

### *Участники исследования*

В исследовании приняли участие 32 пациента (8 мужчин и 24 женщины) с доброкачественными унилатеральными внемозговыми опухолями мозга хиазмально-селлярной области, мягко сдавливающими медиобазальные отделы височной доли в области гиппокампа. У 16 пациентов (2 мужчин и 14 женщин, средний возраст 52 года) диагностировалось левостороннее расположение опухоли (далее в тексте — «грЛВ»), а у других 16 пациентов (6 мужчин и 10 женщин, средний возраст 51 год) — правостороннее (далее в тексте — «грПР»). Две этих группы были сопоставимы по морфометрическим характеристикам опухоли и степени сдавления полушария (по данным МРТ). Не было различий между группами и по социально-демографическим признакам. Контрольную группу составили 19 здоровых праворуких испытуемых (16 женщин и 3 мужчин, средний возраст 52 года).

Все пациенты были набраны из числа лиц, находящихся под наблюдением в НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, и были добровольно включены в исследование на основе информированного согласия. Контрольная группа (группа нормы) формировалась путем добровольного набора через знакомых. Критериями включения в контрольную группу служи-

ли возраст, соответствующий основной группе, а также отсутствие в анамнезе диагностированных неврологических и психических заболеваний. Исследование было проведено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации (2013) и одобрено Локальным этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко (г. Москва). От всех испытуемых было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

### *Сеансы покоя*

В исследовании использовались различные варианты сеансов покоя продолжительностью 3 минуты каждый. Основной сеанс проводился по стандартной инструкции, в которой испытуемым предлагалось расслабиться и не концентрироваться целенаправленно на конкретных мыслях. Последующие опросы действительно фиксировали в этом случае у участников разнообразные, нерегламентированные мыслительные процессы [Бычкова и др., 2021; Кроткова и др., 2025]. Данная инструкция использовалась перед сеансом покоя для группы нормы (19 испытуемых), для группы с левосторонним расположением опухоли (11 испытуемых) и для группы с правосторонним расположением опухоли (11 испытуемых).

Чтобы унифицировать мысли в состоянии покоя, были введены направляющие («регулирующие») инструкции. Тем самым свободному ассоциативному потоку во время покоя задавалось некоторое направление, общее для всех испытуемых. Первая инструкция с условным названием «Природа» способствовала возникновению у испытуемых приятных невербальных воспоминаний, связанных с природными образами и сенсорными переживаниями (картины природы, пение птиц, прикосновение теплого песка, запахи цветов, свежий воздух в ясный морозный день и др.). Вторая инструкция с условным названием «Речь» побуждала вспомнить и сформулировать волнующие испытуемого проблемы здоровья, продумать предстоящий диалог с врачом. Сеансы («Природа» и «Речь») были выполнены для подгрупп пациентов с левосторонним (5 человек) и правосторонним (5 человек) расположением опухоли.

Все сеансы проводились в стандартизированных условиях: испытуемые находились в удобном кресле с закрытыми глазами, в затемненном помещении с минимальным уровнем шума. Перед каждым сеансом участники прослушивали соответствующую аудиоинструкцию. Постэкспери-

ментальные опросы показали, что испытуемые последовательно придерживались заданных инструкций во время сеансов [Кроткова и др., 2025].

### *Запись фНИРС*

Для регистрации гемодинамического ответа в данном исследовании был применен аппарат fNIRS Octamon+ (Artinis Medical Systems, Нидерланды), оснащенный восьмью источниками и двумя приемниками излучения в ближнем инфракрасном диапазоне. Ближний инфракрасный свет передается от источника к ткани и обратно к детектору с помощью гибких волоконно-оптических пучков, называемых оптодами. Каждая пара оптодов, содержащая источник и приемник излучения, образует один канал регистрации сигнала, максимальное число каналов в данном приборе составляет  $2 \times 8 = 16$ . При большом расстоянии между источником и приемником почти все излучение приемника поглощается мозгом, и сигнал становится неотличимым от шума, поэтому расстояние между оптодами было выставлено на уровне 3 см, что было достаточным для регистрации сигнала в зоне интереса. Частоты излучения источников соответствовали длинам волн 760 и 850 нм, по-разному поглощаемым окси- и дезоксигемоглобином. Частота опроса показаний каждого канала составляла 50 Гц. Данные фНИРС были получены билатерально из области префронтальной коры (см. рис 1).

Расположение оптодов соответствовало стандартной системе размещения электродов 10-20 % для записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) (см. табл. 1). Зоны интереса (ROI) соответствовали лобным отделам мозга с частичным захватом височных областей левого полушария (левополушарная ROI: каналы T5, T6, T7, T8), правого полушария (правополушарная ROI: каналы T1, T2, T3, T4) и межполушарной связности между этими зонами.

Гемодинамическая активность фиксировалась по секунднему окну, смещающемуся с шагом 200 мс. Необработанные временные ряды были визуально проверены для обнаружения зашумленных каналов (например, из-за артефактов движения, внезапных изменений амплитуды, плохой связи) и каналов с плохой оптической связью, которые были исключены из дальнейшего анализа. Исходные данные фНИРС в состоянии покоя далее были преобразованы в данные оптической плотности, а затем — в относительные изменения концентрации оксигемоглобина (HbO) и дезоксигемоглобина (HbR) с помощью модифицированного закона Бера-Ламберта [Baker et al., 2014]. В дальнейшем

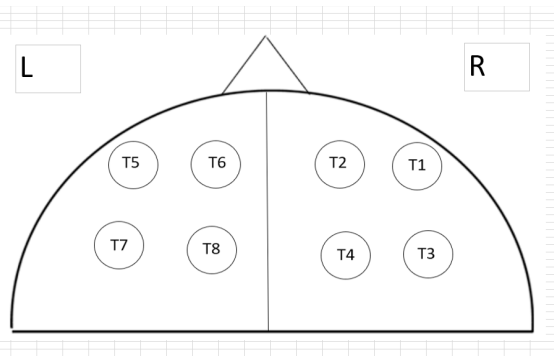


Рис. 1. Схематичное расположение датчиков фНИРС

Таблица 1

Проекции каналов фНИРС на поверхность коры мозга

Оптоды левого полушария	Анатомическая область	Оптоды правого полушария
T5	Нижняя лобная извилина, ростральная часть ближе к триангулярной извилине, каудальная — до височного полюса 45 и 46 поле Бродмана	T1
T6	Ростральная часть верхней лобной извилины 10 поле Бродмана	T2
T7	Средняя лобная извилина 46 и 9 поле Бродмана	T3
T8	Верхняя лобная извилина 9 поле Бродмана	T4

анализе были рассмотрены только данные относительного изменения концентрации оксигемоглобина (O2Hb) в состоянии покоя (300 сек). Выбор был остановлен на данном показателе, так как он демонстрировал наибольшую чувствительность к изменениям регионального мозгового кровотока. Также данный показатель имеет сильную корреляцию с сигналом BOLD среди трех параметров NIRS (относительная концентрация оксигемоглобина, дезоксигемоглобина и разница между этими двумя показателями) [Strangman et al., 2002; Cui et al., 2012]. Был использован фильтр верхних частот 0,01 Гц и фильтр нижних частот 0,2 Гц, чтобы удалить любые медленно дрейфующие компоненты сигнала и высокочастотные колебания сигнала.

### Статистическая обработка

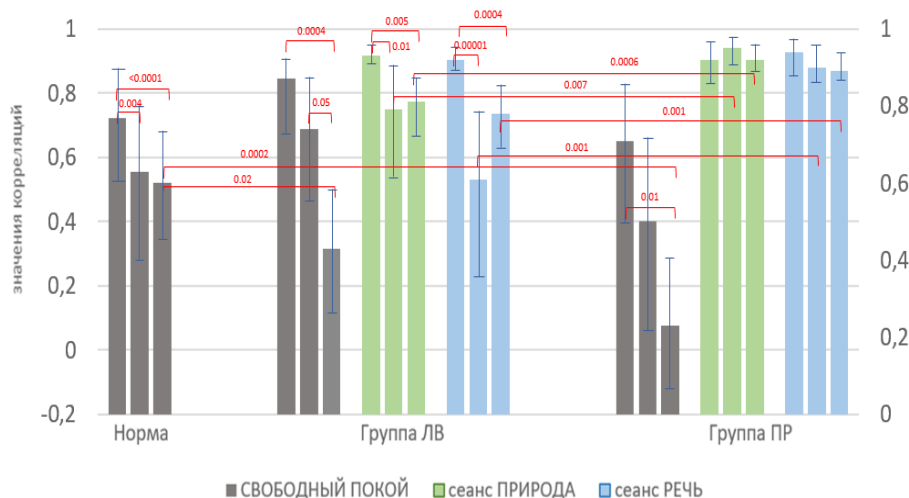
Статистическая обработка отфильтрованных данных была проведена с использованием программного обеспечения Statistica Version 10. Полученные значения фНИРС по показателю относительной концентрации оксигемоглобина были усреднены по группам испытуемых для каждого из восьми датчиков. Далее усредненные значения были преобразованы при помощи z-преобразо-

вания Фишера  $z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$ , нормализующего и стабилизирующего дисперсию. Необходимость в таком преобразовании связана с тем, что для параметрических методов статистики, как правило, принимается презумпция нормальной распределенности данных и постоянства дисперсии. После получения оценок математического ожидания значения z-преобразованных величин усреднялись в пределах зон интереса (ROI) левого полушария (4 датчика, 6 корреляций), правого полушария (4 датчика, 6 корреляций) и по всем межполушарным связям (16 корреляций). Далее усредненные значения z-преобразованных величин пересчитывались в значения коэффициентов корреляции

обратным преобразованием Фишера  $r = \frac{e^{2z} - 1}{e^{2z} + 1}$ .

Полученные корреляции были нами обозначены, как сочетанность связей в пределах зоны интереса (ROI) левого полушария, правого полушария и сочетанность межполушарных связей в каждой группе испытуемых.

Для сравнения полученных значений сочетанности гемодинамических показателей между различными группами испытуемых при различных



**Рис. 2.** Усредненные корреляции по оксигемоглобину в пределах зоны интереса (ROI) для разных сеансов покоя.

В каждой группе из трех столбиков первый характеризует сочетанность связей ROI в пределах левого полушария, второй — правого полушария, третий — межполушарных связей. Планки ошибок соответствуют 95-процентному доверительному интервалу.

инструкциях перед состоянием покоя был использован парный критерий Стьюдента для независимых выборок, а для сравнения внутри одной группы между различными инструкциями — критерий Стьюдента для зависимых выборок. В ситуации множественного сравнения, значимым критическим уровнем с учетом критерия Бонферрони принято 0,0023. Различия, значимые на уровне менее 0,05, отмечались, как «наличие тенденции», требующее дополнительной проверки.

## Результаты

Полученные в ходе исследования показатели оксигемоглобина в зонах интереса (ROI) группы нормы, группы с левосторонним воздействием (грЛВ) и группы с правосторонним воздействием (грПР) в условиях разных инструкций представлены на рисунке 2.

В состоянии свободного покоя в группе здоровых испытуемых усредненная корреляция в левополушарной ROI значимо выше по сравнению с правополушарной ROI ( $p = 0,004$ ). В клинических группах (грЛВ и грПР) значимых различий между показателями связности в лево- и правополушарной ROI выявлено не было. Межгрупповой анализ также не показал достоверных различий между грЛВ и грПР по сочетанности показателей в лево- и правополушарной ROI, а также по межполушарной связности. Однако сравнение с контрольной

группой выявило значимое снижение межполушарной связности у пациентов: группа здоровых испытуемых достоверно отличалась от грЛВ ( $p = 0,02$ ) и, наиболее выражено, от грПР ( $p = 0,0002$ ) по показателям сочетанности межполушарного взаимодействия.

При анализе сеансов покоя с направляющими мыслительный поток инструкциями выявлены следующие особенности функциональной связности. В группе ЛВ как в сеансе ПРИРОДА, так и в сеансе РЕЧЬ сохранялось значимое преобладание функциональной связности в левополушарной ROI, чем в правополушарной — в обоих случаях усредненные значения корреляции превышали 0,9. В грПР отмечалась достаточно равномерная связность показателей оксигемоглобина между лево- и правополушарной ROI без выраженной латерализации. В сеансе ПРИРОДА усредненные значения корреляции составили 0,92 для лево- и 0,95 для правополушарной ROI, в сеансе РЕЧЬ — 0,94 и 0,90 соответственно. Важно отметить, что в обоих сеансах с направляющими инструкциями у грПР наблюдалось усиление межполушарной сочетанности по сравнению с сеансом свободного покоя. При сравнении клинических групп в данных условиях грПР продемонстрировала достоверно более высокую усредненную функциональную связность в правополушарной ROI по сравнению с аналогичными показателями правополушарной ROI группы ЛВ. Статистическая значимость раз-

личий составила  $p = 0,007$  для сеанса ПРИРОДА и  $p = 0,001$  для сеанса РЕЧЬ. Также в грПП фиксировалась более выраженная межполушарная связность ( $p = 0,0006$  и  $p = 0,001$  соответственно). Статистически значимых различий в усредненной функциональной связности левополушарной ROI между грЛВ и грПП выделено не было.

## Обсуждение результатов

Хотя рассматриваемая немозговая опухоль мозга не приводит к разрушению структуры мозга и не вызывает ярко выраженных очаговых симптомов [Galkin et al., 2021], она, как показывают результаты нашего исследования, оказывает существенное влияние на функциональную связность выделенных зон интереса. При классической «глухой» инструкции к состоянию покоя группа здоровых испытуемых характеризуется статистически значимым преобладанием связности показателей оксигемоглобина в пределах зоны интереса (ROI) левого полушария по сравнению с правополушарной ROI. Подобной значимой латерализации в клинических группах не выделялось, вместо этого было зафиксировано существенное снижение межполушарной связности.

Полученные данные согласуются с другими исследованиями, демонстрирующими, что объемные образования вызывают широкомасштабные изменения в сетях состояния покоя [Manan et al., 2020; Bartolomei et al., 2006]. Очаговые повреждения приводят к нарушению синхронизации нейронной активности не только в непосредственной близости от опухоли, но и в отдаленных, функционально связанных областях, что проявляется снижением как внутриволушарной, так и межполушарной связности [Manan et al., 2020]. Выявленное нами преобладание активности левополушарной ROI у здоровых испытуемых соответствует данным Тернбулла и др. [Turnbull et al., 2019] о ключевой роли левой дорсолатеральной префронтальной коры (ДЛПФК) в регуляции мыслительных процессов и управлении вниманием. ДЛПФК способствует переключению внимания с внешних стимулов на внутренние размышления. Участники с активной левой ДЛПФК были в состоянии игнорировать внешний шум и сосредоточиться на внутренних процессах, что важно для осуществления когнитивного контроля. Как отмечают Тернбулл и его коллеги, успешное управление свободно возникающими мыслями и сценариями, а также способность регулировать внимание в зависимости от контекста имеют решающее значение для об-

работки информации. Так, во время отдыха мозг продолжает активно участвовать в когнитивных процессах, включая мониторинг окружающей среды, состояния тела и внутренних мыслительных процессов [Gonzalez-Castillo et al., 2021].

Важным аспектом нашего исследования стало изучение влияния направляющих инструкций на спонтанные ассоциации и изменения функциональной связности мозга. В нашей предыдущей работе по исследованию спонтанных ассоциаций на той же группе пациентов, однако в условиях фМРТ-покоя [Бычкова и др., 2021] были выявлены межгрупповые различия, обусловленные ситуацией регистрации мозговой активности — увеличение доли слуховых образов и переживаний у пациентов с левосторонним расположением опухоли и доли переживаний, обращенных к внутренним телесным ощущениям, — у пациентов с правосторонним расположением патологических новообразований. Однако при переходе к условиям, приближенным к естественным (проведение исследования в рамках фНИРС-покоя), наблюдалось снижение межгрупповых различий в отчетах испытуемых [Бычкова и др., 2021; Кроткова и др., 2025]. Введение направляющих мыслительный поток инструкций в нашем последующем исследовании позволило структурировать спонтанную мыслительную активность, направляя ее в определенное тематическое русло. Такой подход обеспечил стандартизацию условий для межгруппового сравнения, снизив вариабельность спонтанных ассоциаций, и одновременно выявил межгрупповые различия на феноменологическом уровне. С введением направляющих инструкций проявились полушарные особенности в управлении мыслительным потоком. Качественный анализ отчетов после сеанса покоя «Природа» показал, что пациенты с сдавлением правого гиппокампа отмечали более легкое и спонтанное погружение в приятные автобиографические воспоминания и визуальные образы, не требующее произвольных усилий. Напротив, пациенты с левосторонним сдавлением сообщали о необходимости приложения определенных усилий для следования инструкции; у них чаще наблюдалось соскальзывание на актуальные бытовые проблемы. При смене инструкции на «Речь» (целенаправленное обдумывание проблемы здоровья и предстоящей консультации с врачом) паттерн результатов изменялся на противоположный. Пациенты с левосторонним воздействием демонстрировали способность к структурированному и последовательному внутреннему диалогу. В то же время пациенты с правосторонним сдавлением зоны гиппокампа,

несмотря на способность к последующему подробному вербальному отчету, указывали на невозможность удержания хода мыслей в заданном русле во время самого сеанса и признавались, что их отчет являлся импровизацией, реконструированной уже после окончания процедуры [Кроткова и др., 2025].

Результаты данного исследования с использованием фНИРС демонстрируют, что введение направляющих мыслительный поток инструкций позволяет также выявить тонкие различия в функциональной организации мозга, которые оставались незаметными в условиях стандартного покоя. Анализ полученных данных показал, что тематическая направленность ассоциативных процессов сопровождалась специфическими паттернами мозговой активации. В грЛВ было зафиксировано усиление гемодинамической связности в левоволушарной ROI по сравнению с правополушарной. В грПР наблюдалась достаточно однородная внутриполушарная связность, но значительное усиление связности в правом полушарии по сравнению с сочетанностью правого полушария грЛВ в аналогичных сеансах. Сдавливающее воздействие опухоли в данных условиях проявилось в усилении гемодинамической связности на стороне ее воздействия.

## Ограничения

Используемое в исследовании фНИРС-оборудование имело ограниченное количество датчиков для регистрации нейронной активности (8 датчиков, 16 каналов), что обусловило фокус анализа в основном на лобных отделах коры.

## Заключение

В ходе нашего исследования, проведенного с использованием метода функциональной инфракрасной спектроскопии (фНИРС), были выявлены значимые различия в функциональной связности зоны интереса (ROI) по оксигемоглобину между здоровыми испытуемыми и пациентами с сдавлением зоны гиппокампа. Анализ данных здоровых испытуемых показал достаточно высокие значения межполушарного взаимодействия, а также преобладание сочетанности оксигемоглобина в левоволушарной ROI при свободном покое, что может свидетельствовать об активном когнитивном контроле и способности к гибкому управлению внутренними процессами.

Для клинических групп, особенно для группы с

правосторонним воздействием, результаты выявили значительное ослабление межполушарных связей. Особенно интересно, что различия между группами пациентов стали более заметными в условиях направляющих инструкций. Так, использование данных инструкций в процессе исследования позволило лучше структурировать ассоциативные потоки и зафиксировать изменения гемодинамической активности.

## Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ), проект № 23-15-00018 «Спонтанная активность мозга при механическом и терапевтическом радиационном воздействии на гиппокамп».

## Литература

Бычкова А.С., Каверина М.Ю., Ениколопова Е.В., Кроткова О.А. Содержание спонтанного потока сознания в состоянии покоя при мягкой компрессии одного из полушарий мозга. Вопросы психологии, 2021, Т. 67(3), 162–170.

Бычкова А.С., Кроткова О.А., Ениколопова Е.В. Субъективная составляющая состояния покоя: обзор методик исследования. Вестник Московского университета. Серия 14. Психология, 2023, No. 1, 201–220. DOI: 10.11621/vsp.2023.01.9

Кроткова О.А., Киселева А.Н., Бычкова А.С., Каверина М.Ю. Спонтанные ассоциации при мягкой компрессии зоны гиппокампа. Вестник Московского университета. Серия 14. Психология, 2025, No. 1, 101–125. DOI: 10.11621/LPJ-25-05

Arun K.M., Smitha K.A., Sylaja P.N., Kesavadas C. Identifying resting-state functional connectivity changes in the motor cortex using fNIRS during recovery from stroke. Brain Topography, 2020, No. 33(6), 710–719. DOI: 10.1007/s10548-020-00785-2

Baker W.B., Parthasarathy A.B., Busch D.R., Mesquita R.C., Greenberg J.H., Yodh A.G. Modified Beer-Lambert law for blood flow. Biomedical optics express, 2014, No. 5(11), 4053–4075. DOI: 10.1364/BOE.5.004053

Bartolomei F., Bosma I., Klein M., Baayen J.C., Reijneveld J.C., Postma T.J., Heimans J.J., Van Dijk B.W., Munck J.C., Cover K.S., Stam C.J. How do brain tumors alter functional connectivity? A magnetoencephalography study. Annals of neurology, 2006, No. 59(1), 128–138. DOI: 10.1002/ana.20710

Biswal B.B., Uddin L.Q. The history and future of resting-state functional magnetic resonance imaging. Nature, 2025, No. 641(8065), 1121–1131. DOI: 10.1038/s41586-025-08953-9

- Buckner R.L., DiNicola L.M. The brain's default network: updated anatomy, physiology and evolving insights. *Nature reviews neuroscience*, 2019, No. 20(10), 593–608. DOI: 10.1038/s41583-019-0212-7
- Buxton R.B. *Introduction to functional magnetic resonance imaging: principles and techniques.* — Cambridge university press, 2009.
- Cui X., Bryant D.M., Reiss A.L. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage*, 2012, No. 59(3), 2430–2437. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.09.003
- Dickerson B.C., Eichenbaum H. The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology*, 2010, No. 35(1), 86–104. DOI: 10.1038/npp.2009.126
- Ehlis A.C., Schneider S., Dresler T., Fallgatter A.J. Application of functional near-infrared spectroscopy in psychiatry. *Neuroimage*, 2014, No. 85, 478–488. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.03.067
- Eichenbaum H. Prefrontal–hippocampal interactions in episodic memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 2017, No. 18(9), 547–558. DOI: 10.1038/nrn.2017.74
- Esposito R., Cieri F., Chiacchiarretta P., Cera N., Lauriola M., et al. Modifications in resting state functional anticorrelation between default mode network and dorsal attention network: comparison among young adults, healthy elders and mild cognitive impairment patients. *Brain Imaging and Behavior*, 2018, No. 12(1), 127–141. DOI: 10.1007/s11682-017-9686-y
- Ferrari M., Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*, 2012, No. 63(2), 921–935. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.049
- Friston K.J., Li B., Daunizeau J., Stephan K.E. Network discovery with DCM. *NeuroImage*, 2011, No. 56(3), 1202–1221. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.12.039
- Gallagher A., Wallois F., Obrig H. Functional near-infrared spectroscopy in pediatric clinical research: Different pathophysiological and promising clinical applications. *Neurophotonics*, 2023, No. 10(2), 023517–023517. DOI: 10.1117/1.NPh.10.2.023517
- Galkin M.V., Danilov G.V., Kaverina M.Y., Strunina Y.V., Krotkova O.A. Hippocampal dosimetry and mnemonic function changes after stereotactic irradiation of cavernous sinus meningiomas. *Cureus*, 2021, No. 13(12). DOI: 10.7759/cureus.20252
- Gao L., Lin Q., Tian D., Zhu S., Tai X. Advances and trends in the application of functional near-infrared spectroscopy for pediatric assessments: a bibliometric analysis. *Frontiers in Neurology*, 2024, No. 15, 1459214. DOI: 10.3389/fneur.2024.1459214
- Gong Y., Lin R., Mutlu M.C., Lorentz L., Shaikh U.J., Graeve J.D., Badkoubeh N., Zeng R.R., Klein F., Lührs M., Mathiak K., Zhang J.J., Mehler D.M. The Use of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) for Monitoring Brain Function, Predicting Outcomes, and Evaluating Rehabilitative Interventional Responses in Poststroke Patients with Upper Limb Hemiplegia: A Systematic Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 2025. DOI: 10.1109/JSTQE.2025.3563153
- Gonzalez-Castillo J., Hoy C.W., Handwerker D.A., Robinson M.E., Buchanan L.C., Saad Z.S., Bandettini P.A. Tracking ongoing cognition in individuals using brief, whole-brain functional connectivity patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2015, No. 112(28), 8762–8767. DOI: 10.1073/pnas.1501242112
- Gonzalez-Castillo J., Kam J.W., Hoy C.W., Bandettini P.A. How to interpret resting-state fMRI: ask your participants. *Journal of Neuroscience*, 2021, No. 41(6), 1130–1141. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1786-20.2020
- Ishii-Takahashi A., Takizawa R., Nishimura Y., Kawakubo Y., Kuwabara H., Matsubayashi J., Hamada K., Okuhata S., Yahata N., Igarashi T., Kawasaki S., Yamasue H., Kato N., Kasai K., Kano Y. Prefrontal activation during inhibitory control measured by near-infrared spectroscopy for differentiating between autism spectrum disorders and attention deficit hyperactivity disorder in adults. *NeuroImage: Clinical*, 2014, No. 4, 53–63. DOI: 10.1016/j.nicl.2013.10.002
- Li R., Hosseini H., Saggat M., Balters S.C., Reiss A.L. Current opinions on the present and future use of functional near-infrared spectroscopy in psychiatry. *Neurophotonics*, 2023, No. 10(1), 013505–013505. DOI: 10.1117/1.NPh.10.1.013505
- Liu T., Liu X., Yi L., Zhu C., Markey P.S., Pelowski M. Assessing autism at its social and developmental roots: a review of autism spectrum disorder studies using functional near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 2019, No. 185, 955–967. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.09.044
- Manan H.A., Franz E.A., Yahya N. Functional connectivity changes in patients with brain tumours — A systematic review on resting state-fMRI. *Neurology, Psychiatry and Brain Research*, 2020, No. 36, 73–82. DOI: 10.1016/j.npbr.2020.03.003
- Pinti P., Scholkmann F., Hamilton A., Burgess P., Tachtsidis I. Current status and issues regarding pre-processing of fNIRS neuroimaging data: an investigation of diverse signal filtering methods within a general linear model framework. *Frontiers in human neuroscience*, 2019, No. 12, 505. DOI: 10.3389/fnhum.2018.00505
- Pinti P., Tachtsidis I., Hamilton A., Hirsch J., Aichelburg C., Gilbert S., Burgess P.W. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2020, No. 1464(1), 5–29. DOI: 10.1111/nyas.13948
- Quaresima V., Giosuè P., Roncone R., Casacchia M., Ferrari M. Prefrontal cortex dysfunction during cognitive tests evidenced by functional near-infrared spectroscopy. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 2009, No. 171(3), 252–257. DOI: 10.1016/j.psychresns.2008.02.002
- Rahman, M. A., Siddik, A. B., Ghosh, T. K., Khanam,

F., Ahmad, M. (2020). A narrative review on clinical applications of fNIRS. *Journal of Digital Imaging*, 33(5), 1167–1184. DOI: 10.1007/s10278-020-00387-1

Raichle M.E. The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*, 2015, No. 38(1), 433–447. DOI: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030

Rosenbaum D., Int-Veen I., Kroczeck A., Hilsendegen P., Velten-Schurian K., Bihlmaier I., Fallgatter A.J., Ehlis A.C. Amplitude of low frequency fluctuations (ALFF) of spontaneous and induced rumination in major depression: An fNIRS study. *Scientific reports*, 2020, No. 10(1), 21520. DOI: 10.1038/s41598-020-78317-y

Ruotsalo T., Mäkelä K., Spapé M. Crowdsourcing affective annotations via fNIRS-BCI. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 2023, No. 15(1), 297–308. DOI: 10.1109/TAFFC.2023.3273916

Strangman G., Culver J.P., Thompson J.H., Boas D.A. A quantitative comparison of simultaneous BOLD fMRI and NIRS recordings during functional brain activation. *Neuroimage*, 2002, No. 17(2), 719–731. DOI: 10.1006/nimg.2002.1227

Su W.C., Colacot R., Ahmed N., Nguyen T., George T., Gandjbakhche A. The use of functional near-infrared spectroscopy in tracking neurodevelopmental trajectories in infants and children with or without developmental disorders: A systematic review. *Frontiers in psychiatry*, 2023, No. 14, 1210000. DOI: 10.3389/fpsyt.2023.1210000

Turnbull A., Wang H.T., Murphy C., Ho N.S.P., Wang X., Sormaz M., Karapanagiotidis T., Leech R.M., Bernhardt B., Margulies D.S., Vatansever D., Jefferies E., Smallwood J. Left dorsolateral prefrontal cortex supports context-dependent prioritisation of off-task thought. *Nature Communications*, 2019, No. 10, 3816. DOI: 10.1038/s41467-019-11764-y

Van Calster L., D'Argembeau A., Salmon E., Peters F., Majerus S. Fluctuations of Attentional Networks and Default Mode Network during the Resting State Reflect Variations in Cognitive States: Evidence from a Novel Resting-state Experience Sampling Method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2017, No. 29(1), 95–113. DOI: 10.1162/jocn\_a\_01025

Vanderwert R.E., Nelson C.A. The use of near-infrared spectroscopy in the study of typical and atypical development. *Neuroimage*, 2014, No. 85, 264–271. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.10.009

Yeshurun Y., Nguyen M., Hasson U. The default mode network: where the idiosyncratic self meets the shared social world. *Nature Reviews Neuroscience*, 2021, No. 22(3), 181–192. DOI: 10.1038/s41583-020-00420-w

Zhong J., Li G., Lv Z., Chen J., Wang C., Shao A., Gong Z., Wang J., Liu S., Luo J., Yang S., Wu S., Ning L., Wang Z., Li J., Wu Y. Neuromodulation of Cerebral Blood Flow: A Physiological Mechanism and Methodological Review of Neurovascular Coupling. *Bioengineering*, 2025, No. 12(5), 442. DOI: 10.3390/bioengineering12050442

Поступила в редакцию: 9 июля 2025 г.

Дата публикации: 27 февраля 2026 г.

## Сведения об авторах

*Бычкова Алеся Сергеевна.* Аспирант кафедры пато- и нейропсихологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, дом 11, строение 9, 125009, Москва, Россия. E-mail: [Nurel-fiocco26@mail.ru](mailto:Nurel-fiocco26@mail.ru)

*Машеров Евгений Леонидович.* Старший научный сотрудник лаборатории клинической нейрофизиологии Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии имени академика Н.Н.Бурденко, 4-я Тверская-Ямская улица, дом 16, 125047, Москва, Россия. E-mail: [Emasherow@nsi.ru](mailto:Emasherow@nsi.ru)

## Ссылка для цитирования

Бычкова А.С., Машеров Е.Л. Гемодинамические показатели в покое у пациентов с мягким сдавлением гиппокампа. Психологические исследования. 2026. Т. 19, № 105. С. 8. URL: <https://psystudy.ru>

## Адрес статьи:

<https://doi.org/10.54359/ps.v19i105.2053>



## Hemodynamic parameters at rest in patients with mild compression of the hippocampus

Bychkova A.S.<sup>1</sup>, Masherov E.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

<sup>2</sup> Burdenko National Medical Research Center for Neurosurgery, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia.

Contemporary neural network models of brain functioning assume the self-organization of distributed neuronal elements into networks supporting information processing. Functional connectivity between distant brain regions in the absence of external stimulation is maintained by resting-state networks, in which the hippocampus is involved to varying degrees. Of key importance is the interaction of the hippocampus with the prefrontal cortex, which is responsible for cognitive control and executive functions. The present study included 32 patients with benign extra-axial brain tumors exerting mild compression on the mediobasal regions of the temporal lobe in the hippocampal area (17 with left-sided and 15 with right-sided localization), as well as 19 healthy control participants. The patient groups were comparable in terms of tumor morphometric characteristics, degree of hemispheric compression, and socio-demographic variables. Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) was used to assess cerebral hemodynamic activity. Brain activity was recorded from the prefrontal cortex during three-minute resting-state sessions preceded by different instructional conditions.

A significant reduction in interhemispheric connectivity was observed in the clinical groups. Differences between patients with left- and right-sided tumors became more pronounced under guided resting-state conditions involving instructions for free, internally oriented thought. Patients with left-sided tumors demonstrated a predominance of activity in the left prefrontal cortex, whereas patients with right-sided tumors exhibited a more symmetrical distribution of activity. The use of guiding instructions made it possible to reveal specific features of functional brain organization in patients with space-occupying brain lesions.

**Keywords:** functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), hemodynamics, functional connectivity, state of rest, Hippocampus, interhemispheric interaction

## Funding

The study was supported by the Russian Scientific Foundation, project № 23-15-00018.

## References

- Arun K.M., Smitha K.A., Sylaja P.N., Kesavadas C. Identifying resting-state functional connectivity changes in the motor cortex using fNIRS during recovery from stroke. *Brain Topography*, 2020, No. 33(6), 710–719. DOI: 10.1007/s10548-020-00785-2
- Baker W.B., Parthasarathy A.B., Busch D.R., Mesquita R.C., Greenberg J.H., Yodh A.G. Modified Beer-Lambert law for blood flow. *Biomedical optics express*, 2014, No. 5(11), 4053–4075. DOI: 10.1364/BOE.5.004053
- Bartolomei F., Bosma I., Klein M., Baayen J.C., Reijneveld J.C., Postma T.J., Heimans J.J., Van Dijk B.W., Munck J.C., Cover K.S., Stam C.J. How do brain tumors alter functional connectivity? A magnetoencephalography study. *Annals of neurology*, 2006, No. 59(1), 128–138. DOI: 10.1002/ana.20710
- Biswal B.B., Uddin L.Q. The history and future of resting-state functional magnetic resonance imaging. *Nature*, 2025, No. 641(8065), 1121–1131. DOI: 10.1038/s41586-025-08953-9
- Buckner R.L., DiNicola L.M. The brain's default network: updated anatomy, physiology and evolving insights. *Nature reviews neuroscience*, 2019, No. 20(10), 593–608. DOI: 10.1038/s41583-019-0212-7
- Buxton R.B. *Introduction to functional magnetic resonance imaging: principles and techniques*. — Cambridge university press, 2009.
- Bychkova A.S., Kaverina M.Yu., Enikolopova E.V., Krotkova O.A. Soderzhanie spontannogo potoka soznaniya v sostoyanii pokoya pri myagkoj kompressii odnogo iz polusharij mozga. *Voprosy` psixologii*, 2021, T.67(3), 162–170. (in Russian)
- Bychkova A.S., Krotkova O.A., Enikolopova E.V. Sub`ektivnaya sostavlyayushchaya sostoyaniya pokoya: obzor metodik issledovaniya. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*, 2023, No. (1), 201–220. DOI: 10.11621/vsp.2023.01.9 (in Russian)
- Cui X., Bryant D.M., Reiss A.L. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage*, 2012, No. 59(3), 2430–2437. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.09.003
- Dickerson B.C., Eichenbaum H. The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology*, 2010, No. 35(1), 86–104. DOI: 10.1038/npp.2009.126
- Ehlis A.C., Schneider S., Dresler T., Fallgatter A.J. Application of functional near-infrared spectroscopy in psychiatry. *Neuroimage*, 2014, No. 85, 478–488. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.03.067
- Eichenbaum H. Prefrontal–hippocampal interactions in episodic memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 2017, No. 18(9), 547–558. DOI: 10.1038/nrn.2017.74
- Esposito R., Cieri F., Chiacchiarretta P., Cera N., Lauriola M., et al. Modifications in resting state functional anticorrelation between default mode network and dorsal attention network: comparison among young adults, healthy elders and mild cognitive impairment patients. *Brain Imaging and Behavior*, 2018, No. 12(1), 127–141. DOI: 10.1007/s11682-017-9686-y
- Ferrari M., Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*, 2012, No. 63(2), 921–935. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.049
- Friston K.J., Li B., Daunizeau J., Stephan K.E. Network discovery with DCM. *NeuroImage*, 2011, No. 56(3), 1202–1221. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.12.039
- Gallagher A., Wallois F., Obrig H. Functional near-infrared spectroscopy in pediatric clinical research: Different pathophysiologies and promising clinical applications. *Neurophotonics*, 2023, No. 10(2), 023517–023517. DOI: 10.1117/1.NPh.10.2.023517
- Galkin M.V., Danilov G.V., Kaverina M.Y., Strunina Y.V., Krotkova O.A. Hippocampal dosimetry and mnemonic function changes after stereotactic irradiation of cavernous sinus meningiomas. *Cureus*, 2021, No. 13(12). DOI: 10.7759/cureus.20252
- Gao L., Lin Q., Tian D., Zhu S., Tai X. Advances and trends in the application of functional near-infrared spectroscopy for pediatric assessments: a bibliometric analysis. *Frontiers in Neurology*, 2024, No. 15, 1459214. DOI: 10.3389/fneur.2024.1459214
- Gong Y., Lin R., Mutlu M.C., Lorentz L., Shaikh U.J., Graeve J.D., Badkoubeh N., Zeng R.R., Klein F., Lührs M., Mathiak K., Zhang J.J., Mehler D.M. The Use of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) for Monitoring Brain Function, Predicting Outcomes, and Evaluating Rehabilitative Interventional Responses in Poststroke Patients with Upper Limb Hemiplegia: A Systematic Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 2025. DOI: 10.1109/JSTQE.2025.3563153
- Gonzalez-Castillo J., Hoy C.W., Handwerker D.A., Robinson M.E., Buchanan L.C., Saad Z.S., Bandettini P.A. Tracking ongoing cognition in individuals using brief, whole-brain functional connectivity patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2015, No. 112(28), 8762–8767, DOI: 10.1073/pnas.1501242112
- Gonzalez-Castillo J., Kam J.W., Hoy C.W., Bandettini P.A. How to interpret resting-state fMRI: ask your participants. *Journal of Neuroscience*, 2021, No. 41(6), 1130–1141. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1786-20.2020
- Ishii-Takahashi A., Takizawa R., Nishimura Y., Kawakubo Y., Kuwabara H., Matsubayashi J., Hamada K., Okuhata S., Yahata N., Igarashi T., Kawasaki S., Yamasue H., Kato N., Kasai K., Kano Y. Prefrontal activation during inhibitory control measured by near-infrared spectroscopy

for differentiating between autism spectrum disorders and attention deficit hyperactivity disorder in adults. *NeuroImage: Clinical*, 2014, No. 4, 53–63. DOI: 10.1016/j.nicl.2013.10.002

Krotkova O.A., Kiseleva A.N., Bychkova A.S., Kaverina M.Yu. Spontannye assotsiatsii pri myagkoi kompressii zony gippokampa. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*, 2025, No. (1), 101–125. DOI: 10.11621/LPJ-25-05 (in Russian)

Li R., Hosseini H., Saggat M., Balters S.C., Reiss A.L. Current opinions on the present and future use of functional near-infrared spectroscopy in psychiatry. *Neurophotonics*, 2023, No. 10(1), 013505–013505. DOI: 10.1117/1.NPh.10.1.013505

Liu T., Liu X., Yi L., Zhu C., Markey P.S., Pelowski M. Assessing autism at its social and developmental roots: a review of autism spectrum disorder studies using functional near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 2019, No. 185, 955–967. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.09.044

Manan H.A., Franz E.A., Yahya N. Functional connectivity changes in patients with brain tumours — A systematic review on resting state-fMRI. *Neurology, Psychiatry and Brain Research*, 2020, No. 36, 73–82. DOI: 10.1016/j.npbr.2020.03.003

Pinti P., Scholkmann F., Hamilton A., Burgess P., Tachtsidis I. Current status and issues regarding pre-processing of fNIRS neuroimaging data: an investigation of diverse signal filtering methods within a general linear model framework. *Frontiers in human neuroscience*, 2019, No. 12, 505. DOI: 10.3389/fnhum.2018.00505

Pinti P., Tachtsidis I., Hamilton A., Hirsch J., Aichelburg C., Gilbert S., Burgess P.W. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2020, No. 1464(1), 5–29. DOI: 10.1111/nyas.13948

Quaresima V., Giosuè P., Roncone R., Casacchia M., Ferrari M. Prefrontal cortex dysfunction during cognitive tests evidenced by functional near-infrared spectroscopy. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 2009, No. 171(3), 252–257. DOI: 10.1016/j.psychres.2008.02.002

Rahman M.A., Siddik A.B., Ghosh T.K., Khanam F., Ahmad M. A narrative review on clinical applications of fNIRS. *Journal of Digital Imaging*, 2020, No. 33(5), 1167–1184. DOI: 10.1007/s10278-020-00387-1

Raichle M.E. The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*, 2015, No. 38(1), 433–447. DOI: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030

Rosenbaum D., Int-Veen I., Kroczeck A., Hilsendegen P., Velten-Schurian K., Bihlmaier I., Fallgatter A.J., Ehls A. C. Amplitude of low frequency fluctuations (ALFF) of spontaneous and induced rumination in major depression: An fNIRS study. *Scientific reports*, 2020, No. 10(1), 21520. DOI: 10.1038/s41598-020-78317-y

Ruotsalo T., Mäkelä K., Spapé M. Crowdsourcing affective annotations via fNIRS-BCI. *IEEE Transactions*

on Affective Computing, 2023, No. 15(1), 297–308. DOI: 10.1109/TAFFC.2023.3273916

Strangman G., Culver J.P., Thompson J.H., Boas D.A. A quantitative comparison of simultaneous BOLD fMRI and NIRS recordings during functional brain activation. *Neuroimage*, 2002, No. 17(2), 719–731. DOI: 10.1006/nimg.2002.1227

Su W.C., Colacot R., Ahmed N., Nguyen T., George T., Gandjbakhche A. The use of functional near-infrared spectroscopy in tracking neurodevelopmental trajectories in infants and children with or without developmental disorders: A systematic review. *Frontiers in psychiatry*, 2023, No. 14, 1210000. DOI: 10.3389/fpsy.2023.1210000

Turnbull A., Wang H.T., Murphy C., Ho N.S.P., Wang X., Sormaz M., Karapanagiotidis T., Leech R.M., Bernhardt B., Margulies D.S., Vatansever D., Jefferies E., Smallwood J. Left dorsolateral prefrontal cortex supports context-dependent prioritisation of off-task thought. *Nature Communications*, 2019, No. 10, 3816. DOI: 10.1038/s41467-019-11764-y

Van Calster L., D'Argembeau A., Salmon E., Peters F., Majerus S. Fluctuations of Attentional Networks and Default Mode Network during the Resting State Reflect Variations in Cognitive States: Evidence from a Novel Resting-state Experience Sampling Method. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2017, No. 29(1), 95–113. DOI: 10.1162/jocn\_a\_01025

Vanderwert R.E., Nelson C.A. (2014). The use of near-infrared spectroscopy in the study of typical and atypical development. *Neuroimage*, 2014, No. 85, 264–271. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.10.009

Yeshurun Y., Nguyen M., Hasson U. The default mode network: where the idiosyncratic self meets the shared social world. *Nature Reviews Neuroscience*, 2021, No. 22(3), 181–192. DOI: 10.1038/s41583-020-00420-w

Zhong J., Li G., Lv Z., Chen J., Wang C., Shao A., Gong Z., Wang J., Liu S., Luo J., Yang S., Wu S., Ning L., Wang Z., Li J., Wu Y. Neuromodulation of Cerebral Blood Flow: A Physiological Mechanism and Methodological Review of Neurovascular Coupling. *Bioengineering*, 2025, No. 12(5), 442. DOI: 10.3390/bioengineering12050442

## Information about authors

*Bychkova Alesia Sergeevna*. Postgraduate Student at the Department of Neuro- and Pathopsychology, Faculty of Psychology of Lomonosov Moscow State University, 9 Mokhovaya street, 125009, Moscow, Russia. E-mail: [Nurel-fiocco26@mail.ru](mailto:Nurel-fiocco26@mail.ru)

*Masherov Evgeny Leonidovich*. Senior Researcher at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery,



Laboratory of Clinical Neurophysiology.  
4th Tverskaya-Yamskaya street, 16, 125047,  
Moscow, Russia  
E-mail: [Emasherow@nsi.ru](mailto:Emasherow@nsi.ru)

For citation:

Bychkova A.S., Masherow E.L. Hemodynamic  
parameters at rest in patients with  
mild compression of the hippocampus.  
Psikhologicheskie Issledovaniya, 2026, Vol. 19,  
No. 105, p. 8.  
<https://psystudy.ru>