

---

---

ОБЗОРЫ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

---

---

УДК 612.821

## МОЗГОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЖАЗОВОЙ ИМПРОВИЗАЦИИ

© 2025 г. В. Ю. Скрябин\*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования  
«Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия  
\*e-mail: sardonios@yandex.ru

Поступила в редакцию 00.00.2024 г.

После доработки 11.12.2024 г.

Принята к публикации 11.12.2024 г.

Музыкальная импровизация, особенно в джазе, представляет собой уникальную форму творческого процесса, требующую активного взаимодействия между различными сетями головного мозга. В отличие от исполнения заранее выученных музыкальных партий, импровизация характеризуется сниженной функциональной связанностью между сетями исполнительного контроля (ECN) и сетью пассивного режима (DMN), что позволяет восходящим процессам направлять творческое поведение. Этот феномен, известный как гипофронтальность, способствует уменьшению когнитивного контроля и облегчает спонтанную генерацию идей. Целью данного обзора является анализ возможных нейронных механизмов, лежащих в основе музыкальной импровизации, с опорой на исследования, проведенные в различных музыкальных жанрах, и в первую очередь — в джазе. Результаты исследований показали, что при импровизации ослабевает когнитивный контроль, что позволяет музыкантам генерировать новые музыкальные идеи с минимальным вмешательством со стороны исполнительных функций. В то же время исполнение заранее выученной музыки требует более высокого уровня когнитивной оценки и контроля, что связано с более высокой функциональной связанностью ECN и DMN. Особый интерес вызвало открытие, что при воображаемой импровизации активируются те же нейронные сети, что и при реальном исполнении, что подчеркивает важность самореферентных процессов в творчестве. Полученные данные подтверждают гипотезу о том, что импровизация активирует уникальные нейронные механизмы, способствующие спонтанному творчеству и свободному потоку идей.

*Ключевые слова:* нейронные сети, гипофронтальность, функциональная связанность мозга, сеть пассивного режима, сеть исполнительного контроля, нейробиология творчества

DOI: 10.31857/S0044467725010025

### ВВЕДЕНИЕ

Импровизация представляет собой одну из наиболее сложных форм творческого самовыражения. Музыкант-импровизатор сталкивается с уникальной задачей, требующей одновременного управления множеством процессов в режиме реального времени: генерировать и оценивать мелодические и ритмические последовательности, координировать исполнение с другими музыкантами в ансамбле, выполнять сложные движения мелкой моторики — и все это с целью создания эстетически привлекательной музыки. Другие формы художественного исполнения, хотя и требуют сопоставимых усилий, не нуждаются в подобном спонтанном творчестве. Исследования импровизации предоставляют ценные данные для фундаментальной

когнитивной нейронауки, предлагая уникальный взгляд на влияние накопленного опыта на структуру и функции мозга (Beaty, 2015).

Опытные джазовые музыканты создают новые музыкальные произведения в рамках заданных общих ограничений стиля, специфических ограничений, продиктованных текущей мелодией и гармонией, а также двигательных ограничений, продиктованных инструментом или голосовым аппаратом (Vergara et al., 2021). В отличие от парадигм, в которых творческий продукт не создается в реальном времени, у импровизаторов нет возможности пересмотреть результат после его создания. Таким образом, музыкальная импровизация служит моделью для исследования спонтанного творчества в условиях строгих временных и моторных ограничений.

Все большее число исследований используют методы нейровизуализации головного мозга для изучения основы спонтанного сочинения музыки. Большая часть этих исследований направлена на понимание того, в какой степени области мозга, связанные с механизмами исполнительного контроля, лежат в основе импровизационного поведения (Beaty, 2015).

### ***Модель импровизации и роль целенаправленной практики***

Наиболее известная и влиятельная модель музыкальной импровизации была разработана Pressing (Pressing, 1988). Его теория основывается на представлении о том, что импровизация — это приобретенный навык, который требует значительного количества тренировок для достижения мастерства. Многочисленные исследования в различных областях подтверждают, что мастерство достигается благодаря целенаправленной практике — индивидуально подобранному режиму интенсивных тренировок, обычно проводимых под руководством эксперта-наставника (Ericsson et al., 1993). Согласно данной теории, выдающихся способностей в какой-либо области редко достигают без тысяч часов целенаправленной практики: Эрикссон и его коллеги неоднократно демонстрировали, что эксперты обычно посвящают около 10 000 часов осознанной практике на протяжении десяти лет, прежде чем достигают выдающихся результатов в своей сфере (т.н. правило 10 лет) (Simon, Chase, 1973).

Согласно модели Pressing, импровизационная компетентность формируется через взаимодействие между референтными процессами и специфичной для области базой знаний. Референты включают когнитивные, перцептивные или эмоциональные процессы, а база знаний представляет собой иерархические структуры, хранящиеся в долговременной памяти (Pressing, 1988). Pressing описал референты как набор хорошо отрететированных поисковых шаблонов, которые используются во время работы, что минимизирует требования к обработке и направляет генерацию идей. Референты взаимодействуют с процедурной и декларативной информацией, хранящейся в базе знаний конкретной области. Целенаправленная практика позволяет музыкантам создавать обширную базу обобщенных моторных программ, к которым они могут свободно обращаться во время исполнения (Beaty, 2015).

Сторонники этой теории считают, что импровизация возможна за счет повторного использования заученных нотных последовательностей, которые импровизаторы включают в свои выступления. Эту точку зрения подтверждают данные, указывающие на высокую степень повторяемости музыкальных паттернов в импровизациях экспертов (Norgaard, 2021). Такие паттерны являются

частью базы знаний экспертов-исполнителей, которая также включает стратегии комбинирования известных паттернов и правила генерации новых, их связь с гармоническим и ритмическим контекстом, движения, необходимые для исполнения, а также общую информацию о стиле и контексте (Vergara et al., 2021). Однако в более поздних исследованиях подчеркивается важность общих когнитивных способностей, таких как объем рабочей памяти (Meinz, Hambrick, 2010), и генетической предрасположенности (Tucker, Collins, 2012; Ericsson, 2013), что поддерживает мнение о том, что практика «необходима, но недостаточна» для достижения высокого уровня мастерства (Hambrick, Meinz, 2011; Hambrick et al., 2014).

Импровизационный опыт, как и любой другой приобретенный навык, несомненно, является результатом специфического обучения. Однако имеются основания полагать, что важную роль также играют дивергентное мышление и гибкость ума. Выдвинуто предположение, что творчество (в том числе импровизация) требует непрерывного процесса генерации и оценки идей. Этот процесс, как полагают исследователи, требует определенной функциональной связанности структур головного мозга (Beaty et al., 2016).

### ***Взаимодействие нейронных сетей при импровизации***

Считается, что генерация и оценка идей поддерживаются взаимодействием двух основных сетей мозга: сети пассивного режима работы мозга (нейронная сеть оперативного покоя, или default mode network, DMN) и сети исполнительного контроля (executive central network, ECN). DMN включает в себя несколько областей мозга, таких как вентромедиальная префронтальная кора (vmPFC) и задняя поясная кора (PCC), участвующих в генерации самореферентных мыслей (мыслей о себе) (Andrews-Hanna et al., 2014). Вентромедиальная префронтальная кора напрямую связана с эмоциями (Raichle, 2015) и играет важную роль в генерализации (Bowman, Zeithamova, 2018) и интеграции памяти (Spalding et al., 2018).

Задняя поясная кора активируется при выполнении свободных неограниченных когнитивных процессов (Leech & Sharp, 2014), а также при создании и консолидации когерентных представлений сложных событий в памяти (Bird et al., 2015). Одно из ранее проведенных исследований показало, что идеи могут генерироваться или извлекаться путем внутренней консолидации абстрактных представлений в рамках восходящих процессов переработки информации при поддержке DMN. Эта сеть также задействована в процессе «ухода в свои мысли» (англ. «mind-wandering») и других видах деятельности, при которых идеи генерируются без строгих

ограничений, связанных с требованиями задачи (Dietrich, Haider, 2017).

При импровизации генерируемые идеи оцениваются в зависимости от актуального контекста и интегрируются в текущую импровизацию благодаря работе ECN, состоящей из дорсолатеральной префронтальной (dlPFC) и дорсальной теменной коры (Seeley et al., 2007). Дорсальная теменная кора и лобная кора способствуют подготовке и осуществлению реакций, направленных на достижение цели (Corbetta, Shulman, 2002). ECN интегрирует экзогенную сенсорную и внутреннюю информацию для координации поведения (Miller, Cohen, 2001). Таким образом, взаимодействие ECN и DMN может отражать координацию контролируемых и спонтанных процессов во время импровизации.

Упрощенно этот процесс можно описать как передачу новой самогенерированной информации из DMN, которая затем находит свое физическое воплощение посредством вмешательства со стороны ECN. Действительно, активация некоторых областей ECN во время музыкальной импровизации, в частности dlPFC, может варьироваться в зависимости от импровизационного контекста: усиление внешних ограничений приводит к увеличению степени активации (Pinho et al., 2014).

В литературе, посвященной изучению импровизации, часто встречается подход, при котором она противопоставляется извлечению информации из памяти. Такой подход позволяет исследователям выявить области мозга, вовлеченные в спонтанное сочинение новых мелодических последовательностей при одновременном контроле влияния простого воспроизведения ранее исполненных последовательностей по памяти. Одно из первых подобных исследований было проведено в 2008 г. (Limb, Braun, 2008).

В его рамках профессиональных джазовых музыкантов попросили запомнить новую мелодию до начала исследования. Экспериментальная парадигма включала исполнение музыкальных последовательностей на клавиатуре, совместимой с МРТ, в то время как предварительно записанная джазовая ритм-секция воспроизводилась участникам через наушники в томографе. Джазовым пианистам, включенным в исследование, предлагалось исполнить предварительно заученную мелодию, свободно импровизировать под заранее записанный ритм, играть однооктавную гамму или импровизировать. Одновременно с этим выполнялось исследование методом функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). По сравнению с запоминанием импровизация была связана с активацией распределенной сети областей мозга, включая левую нижнюю лобную извилину, переднюю поясную кору и медиальную префронтальную кору.

### *Гипофронтальность и состояние потока*

Установлено, что в процессе импровизации, по сравнению с исполнением заученных музыкальных последовательностей, наблюдается повышенная активация ряда областей головного мозга, включая левую нижнюю лобную извилину, переднюю поясную кору и медиальную префронтальную кору. Одновременно исследователи отметили деактивацию в лобных долях, включая латеральную орбитофронтальную и дорсолатеральную префронтальную кору. Таким образом, во время импровизации отмечались активация областей DMN и одновременная деактивация областей ECN. Деактивацию ECN авторы исследования интерпретировали как отражение приостановки процессов оценки и контроля, поскольку музыканты-эксперты обычно вставляют в ткань импровизации идеи, которые соответствуют текущему контексту, минимизируя когнитивный контроль (Berkowitz, 2010).

Такое деактивированное состояние авторы исследования назвали гипофронтальностью, используя термин, который применяют для описания состояния потока (Dietrich, 2004). Поток характеризуется высокой степенью вовлеченности в интересную задачу, при которой активация мозга, связанная с самореферентной обработкой, ослабевает (Harris et al., 2017). Эти результаты были подтверждены и в другом исследовании, в рамках которого ритмическая языковая импровизация вызвала аналогичную диссоциацию активности в медиальной и дорсолатеральной префронтальной коре (Liu et al., 2012).

Интересно, что в другом, более позднем исследовании, в рамках которого музыканты-эксперты импровизировали совместно с другими играющими музыкантами, наблюдалась повышенная активация в областях мозга, связанных с речевой продукцией, которая прерывала состояние потока (Donna et al., 2014). Авторы предположили, что совместная импровизация имеет иную природу, чем сольная, и требует особой музыкальной коммуникации, которая накладывает более строгие требования к контролю исполнения.

### *Нейронные корреляты импровизации*

В исследовании Berkowitz и Ansari изучались нейронные корреляты мелодической и ритмической импровизации (Berkowitz, Ansari, 2008). Авторы разработали задания, предполагающие более или менее спонтанное поведение в различных условиях. Например, в одном из условий ритм контролировался метрономом, а мелодия выбиралась участниками свободно, что позволило исследовать мозговую активность, связанную с мелодической импровизацией, при контроле ритмической

вариативности. Результаты исследования показали, что импровизация, сопровождающаяся созданием новых мелодических паттернов, связана с активацией дорсальной премоторной коры, передней поясной коры и правой надкраевой извилины. При этом наблюдалась деактивация в таких областях, как правая угловая извилина, правая верхняя лобная извилина и задняя поясная извилина. В то же время ритмическая импровизация была связана с повышенной активностью в передней поясной коре, левой нижней лобной извилине, дорсальной премоторной коре, а также в левой верхней и нижней теменных долях.

Важно отметить, что результаты исследования Berkowitz и Ansari подтвердили основные теоретические положения модели импровизации, предложенной Pressing (Pressing, 1988). Pressing описал импровизацию как процесс генерации, выбора и исполнения новых мелодических и моторных последовательностей. Эти процессы, по-видимому, отражают функциональные роли областей мозга, которые были выявлены в работе Berkowitz и Ansari. В частности, левая нижняя лобная извилина связана с выполнением задач, требующих контролируемого извлечения информации из долговременной памяти (например, для беглости устной речи (Hirshorn, Thompson-Schill, 2006)). Кроме того, активация передней поясной коры во время мелодической и ритмической импровизации подтверждает ее роль в произвольном выборе (Forstmann et al., 2006) и принятии решений (Walton et al., 2004), что соответствует модели импровизации, предложенной Pressing (Pressing, 1988).

Во время импровизации процесс генерации и оценки идей происходит параллельно с другими энергозатратными процессами, такими как восприятие и выполнение действий. При этом эндогенные и экзогенные процессы могут конкурировать друг с другом, что приводит к снижению эффективности мозговой деятельности. Это объясняется тем, что неспособность деактивировать DMN создает препятствия для обработки экзогенной информации, необходимой для выполнения целенаправленной задачи (Sonuga-Barke, Castellanos, 2007; Sutherland et al., 2012).

Недавно предложенная Psyche Loui модель (Loui, 2018) подчеркивает важность цикла восприятия и действия в контексте музыкального исполнения и импровизации. Любое движение, производящее звук, активирует височную долю, в которой первоначально анализируется слуховой сигнал. Затем дорсальная сеть, состоящая из верхней височной извилины, соединенной аркуатным пучком с лобной долей, обеспечивает сенсорно-моторную интеграцию. В то же время информация о категориях звуковых объектов передается по вентральной сети из средней височной извилины в нижние лобные

области через непарный и нижний продольный пучки. Эти процессы характерны для любого музыкального исполнения, но они также могут лежать в основе генерации и оценки идей во время импровизации (Loui, 2018).

Действительно, опубликованные данные показывают, что у музыкантов фракционная анизотропия (FA) в аркуатном пучке выше, чем у немусыкантов (Halwani et al., 2011). Кроме того, у джазовых музыкантов по сравнению с неимпровизирующими музыкантами наблюдаются большие объемы проводящих путей и более высокая фракционная анизотропия между медиальными областями и левой верхней височной извилиной, а также между медиальными областями и правой нижней лобной извилиной (Arkin et al., 2019). Различия между импровизирующими и неимпровизирующими музыкантами также были выявлены при оценке функциональной связанности структур головного мозга в состоянии покоя: импровизирующие музыканты демонстрируют более высокую интеграцию DMN и ECN (Belden et al., 2020).

Ранее опубликованные исследования показали анатомические и функциональные изменения в связанности мозговых структур, связанные с музыкальным исполнением и свидетельствующие о нейропластичности. Однако большинство исследований были сосредоточены на нескольких конкретных областях, достоверно участвующих в процессе музыкального творчества (Belden et al., 2019; 2020), что, к сожалению, не позволяет получить полное представление о динамике функционирования всего мозга во время импровизации. Более того, большая часть исследований сосредоточена на игре на клавишных инструментах, в то время как спонтанному творчеству в других областях, таких как вокал, уделено меньше внимания. Изучение динамики работы всего мозга во время импровизации, не ограничиваясь игрой на одном инструменте, может значительно расширить наше понимание сложной и мультимодальной природы спонтанного человеческого творчества.

В одном из недавно проведенных исследований были изучены функциональная активность и связанность структур мозга у опытных джазовых импровизаторов, которые либо вокально импровизировали, либо вспоминали заранее выученные мелодии (Dhakal et al., 2019). Исследователи выбрали именно вокалистов, поскольку джазовые музыканты часто практикуют вокал, независимо от своей основной инструментальной специализации. В соответствии с теорией гипофронтальности полученные результаты показали снижение связанности между левой лобной, латеральной премоторной корой, дополнительной моторной зоной и мозжечком во время импровизации. Примечательно, что контекст задания на импровизацию был хорошо знаком участникам (блюзовый

квадрат, т.е. импровизация на основе двенадцатитактового блюза), а цель заключалась в минимизации внешних ограничений для достижения состояния потока. Интересно, что результаты другого исследования, в рамках которого участникам выполнялась электроэнцефалография (ЭЭГ) во время исполнения ими заранее выученных или импровизированных коротких изохронных мелодий, также показали снижение связанности между исследуемыми областями во время импровизации (Adhikari et al., 2016).

В работе, опубликованной в 2021 г. в журнале *Scientific Reports*, изучались функциональные связи всего мозга во время вокальной и воображаемой импровизации (Vergara et al., 2021). Авторы всесторонне исследовали функциональную связанность структур мозга по данным фМРТ-сканирования, которое выполнялось, когда джазовые музыканты либо представляли, либо исполняли новые или заранее выученные вокальные партии. Этот подход позволил детально изучить динамику функционирования мозга во время спонтанного музыкального творчества в режиме реального времени, что значительно расширило рамки предыдущих работ, сосредоточенных на локализованной активности отдельных областей мозга (Donnay et al., 2014). Поскольку результаты ранее проведенных исследований указывали на то, что импровизация предполагает меньшую связанность между областями мозга, авторы ожидали увидеть ослабление функциональных связей во время импровизации также и в своем эксперименте. Однако результаты показали отсутствие значительных различий в связанности мозговых структур между вокальной и воображаемой импровизацией в доменах ECN и SEN. Это позволяет предположить, что связанность этих сетей мозга во время исполнения музыки не различается в зависимости от того, интернализируют музыканты свое исполнение или экстернализируют его (то есть от того, исполняется ли музыка внутренне или внешне) (Berkowitz, Ansari, 2008; Berkowitz, 2010; Liu et al., 2012; Beaty et al., 2019).

Как известно, ECN регулярно обрабатывает сенсорную и внутреннюю информацию для координации поведения (Miller & Cohen, 2001). Однако также существуют свидетельства того, что ECN участвует в процессах мысленного планирования, не связанного с очевидным внешним поведением, которое включает в себя воображаемую оценку конечного набора шагов для достижения цели (Gerlach et al., 2014). Это подтверждает, что одной из важных задач ECN являются профессиональное планирование и обработка информации, связанной с музыкальной деятельностью.

Разница между вокальной и воображаемой импровизацией стала более очевидной при анализе увеличенной функциональной связанности в dDMN в условиях воображаемой импровизации.

Это согласуется с результатами более раннего исследования, в котором было показано усиление активности и связанности DMN во время выполнения воображаемых задач по сравнению с выполнением физических действий, таких как нажатие кнопки (Gerlach et al., 2014). В данном музыкальном эксперименте во время выполнения условия «представь» активировались лишь определенные области DMN, расположенные в лобном полюсе, которые, как известно, отвечают за обработку самореферентной информации и включение персонально значимых для личности стимулов в категорию «моих» объектов (Kim, Johnson, 2014; Князев и др., 2023). Таким образом, воображаемое исполнение музыки могло быть подкреплено более личными и самореферентными переживаниями, не требующими внешнего выражения.

Выявленные различия в связанности мозговых структур при сравнении исполнения заранее выученных партий и импровизации могут соответствовать ранее предложенному состоянию гипофронтальности (Dietrich, 2004; Limb, Braun, 2008). Согласно этой концепции, активность лобных областей мозга, ответственных за контроль, ослабевает, чтобы позволить восходящим процессам управлять поведением музыканта во время импровизации. С другой стороны, хорошо известно, что исполнение заранее выученного материала требует постоянной оценки, чтобы убедиться в соответствии фактического результата с запомненной информацией (Ruiz et al., 2009).

Авторы исследования выявили, что при предварительном обучении наблюдалась повышенная связанность между ECN и DMN, что указывает на усиленный когнитивный контроль. Кроме того, установлено, что ECN демонстрирует большее количество связей с областями мозга, ответственными за визуальное восприятие, возможно, потому, что предварительно выученный материал был представлен участникам визуально, в виде традиционной музыкальной нотации, а их слуховое восприятие могло включать визуальную репрезентацию для сравнения фактического результата с запомненной мелодией. В то же время было показано, что импровизация снижает связанность ECN с другими сетями. Интересно, что уменьшение связанности между ECN и DMN обеспечивает более свободное течение музыкальных идей и новизны (Dietrich, 2004).

Паттерн, при котором связь между ECN и DMN ослаблена, может отражать состояние снижения когнитивного контроля, что, по мнению авторов, создает оптимальные условия для импровизации (Pinho et al., 2016). Это состояние часто сравнивают с состоянием потока, при котором субъект полностью погружен в мотивирующую деятельность, а процессы оценки минимальны. Показано, что достижение состояния потока зависит от опыта

в конкретной области, что позволяет систематически добиваться успеха (de Manzano et al., 2010).

Результаты этого исследования можно резюмировать следующим образом. Во-первых, исполнение заранее выученной музыки вызывает более высокую функциональную связанность мозговых структур по сравнению с импровизацией. Во-вторых, авторы впервые показали, что ослабление исполнительского контроля во время импровизации не зависит от модальности (внешнее исполнение или воображение). Функциональное разъединение во время импровизации связано с состоянием сознания, которое позволяет более свободно передавать информацию при минимальном когнитивном контроле (Dietrich, 2004). Полученные результаты согласуются с данными ранее проведенных исследований, указывающими на то, что импровизация направляется восходящими процессами при меньшем когнитивном вмешательстве.

Важно отметить, что одним из ключевых аспектов при изучении нейронных механизмов музыкальной импровизации является учет индивидуальных особенностей музыкантов, таких как уровень музыкального образования, исполнительский опыт, пол, возраст, а также условия, в которых происходит импровизация (например, на сцене или в студии). Эти факторы могут значительно влиять на активность различных отделов мозга в процессе творчества. Например, исследования показывают, что опытные импровизаторы демонстрируют более автоматизированную активность в моторных и ассоциативных областях мозга по сравнению с начинающими музыкантами, что подчеркивает важность учета уровня подготовки при исследовании импровизации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что музыкальная импровизация активирует уникальные нейронные сети, которые отличаются от тех, что используются при исполнении заранее выученного материала. Импровизация характеризуется снижением функциональной связанности между лобными областями мозга и сетями исполнительского контроля, что позволяет восходящим процессам, связанным с сетью пассивного режима работы, доминировать в творческом процессе. Это состояние, известное как гипофронтальность, способствует уменьшению когнитивного контроля и стимулирует спонтанную генерацию идей. В то же время при исполнении заранее выученной музыки наблюдается более высокая связанность между ECN и DMN, что связано с необходимостью когнитивной оценки и контроля.

Особый интерес представляют различия в мозговой активности во время вокальной и воображаемой импровизации. Исследования показали, что процесс воображаемой импровизации активирует те же нейронные сети, что и реальное исполнение, подтверждая, что воображаемое музыкальное творчество имеет значимое влияние на мозговые структуры. При этом усиленная связанность DMN в условиях воображаемой импровизации предполагает, что самореферентные процессы играют ключевую роль в обработке идей, даже без физического выражения.

Таким образом, полученные данные указывают на важную роль сетей пассивного режима и исполнительского контроля в поддержании музыкального творчества, особенно в условиях импровизации. Импровизация создает уникальные нейронные условия, позволяющие музыкантам свободно генерировать новые идеи с минимальным когнитивным вмешательством, что подчеркивает ее важность для понимания креативных процессов в целом.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа не имела спонсорской поддержки.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объектов.

## ДОСТУПНОСТЬ ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ

Первичные данные доступны по запросу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Beaty R.E. The neuroscience of musical improvisation. *Neurosci Biobehav Rev.* 2015. 51: 108–17. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.01.004.
- Vergara V.M., Norgaard M., Miller R., Beaty R.E., Dhakal K., Dhamala M., Calhoun V.D. Functional network connectivity during Jazz improvisation. *Sci Rep.* 2021. 11 (1): 19036. doi: 10.1038/s41598-021-98332-x.

- Pressing J.* Improvisation: methods and models. In: Sloboda J.A. (Ed.). *Generative Processes in Music: The Psychology of Performance, Improvisation, and Composition*. Oxford: Oxford University Press, 1988. 320 pp. ISBN978-0198521549.
- Ericsson K.A., Krampe R.T., Tesch-Römer C.* The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*. 1993. 100(3): 363–406.  
doi: 10.1037/0033-295X.100.3.363.
- Simon H.A., Chase W.G.* Skill in chess. *Am. Sci.* 1973. 61: 394–403.
- Norgaard M.* How jazz musicians improvise: The central role of auditory and motor patterns. *Music Percept.* 2021. 31: 271–287.  
<https://doi.org/10.1525/mp.2014.31.3.271>.
- Meinz E.J., Hambrick D.Z.* Deliberate practice is necessary but not sufficient to explain individual differences in piano sight-reading skill: the role of working memory capacity. *Psychol Sci.* 2010. 21(7): 914–9.  
doi: 10.1177/0956797610373933.
- Ericsson K.A.* Training history, deliberate practice and elite sports performance: an analysis in response to Tucker and Collins review – what makes champions? *Br. J. Sports Med.* 2013. 47(9): 533–5.  
doi: 10.1136/bjsports-2012-091767.
- Tucker R., Collins M.* What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *Br. J. Sports Med.* 2012. 46(8): 555–61.  
doi: 10.1136/bjsports-2011-090548.
- Hambrick D.Z., Oswald F.L., Altmann E.M., Meinz E.J., Gobet F., Campitelli G.* Deliberate practice: is that all it takes to become an expert? *Intelligence*. 2014. 45: 34–45.
- Hambrick D.Z., Meinz E.J.* Limits on the predictive power of domain-specific experience and knowledge in skilled performance. *Curr. Direct. Psychol. Sci.* 2011. 20: 275–279.
- Beaty R.E., Benedek M., Silvia P.J., Schacter D.L.* Creative Cognition and Brain Network Dynamics. *Trends Cogn. Sci.* 2016. 20(2): 87–95.  
doi: 10.1016/j.tics.2015.10.004.
- Andrews-Hanna J. R., Smallwood J., Spreng R.N.* The default network and self-generated thought: component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Ann. NY Acad. Sci.* 2014. 1316(1): 29–52.  
doi: 10.1111/nyas.12360.
- Raichle M.E.* The brain's default mode network. *Ann. Rev. Neurosci.* 2015. 8: 38: 433–47.  
doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030.
- Bowman C.R., Zeithamova D.* Abstract Memory Representations in the Ventromedial Prefrontal Cortex and Hippocampus Support Concept Generalization. *J. Neurosci.* 2018. 38(10): 2605–2614.  
doi: 10.1523/JNEUROSCI.2811-17.2018.
- Spalding K.N., Schlichting M.L., Zeithamova D., Preston A.R., Tranel D., Duff M.C., Warren D.E.* Ventromedial Prefrontal Cortex Is Necessary for Normal Associative Inference and Memory Integration. *J. Neurosci.* 2018. 38(15): 3767–3775.  
doi: 10.1523/JNEUROSCI.2501-17.2018.
- Leech R., Sharp D.J.* The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease. *Brain*. 2014. 137(Pt 1): 12–32.  
doi: 10.1093/brain/awt162.
- Bird C.M., Keidel J.L., Ing L.P., Horner A.J., Burgess N.* Consolidation of Complex Events via Reinstatement in Posterior Cingulate Cortex. *J. Neurosci.* 2015. 35(43): 14426–34.  
doi: 10.1523/JNEUROSCI.1774-15.2015.
- Dietrich A., Haider H.* A Neurocognitive Framework for Human Creative Thought. *Front. Psychol.* 2017. 7: 2078.  
doi: 10.3389/fpsyg.2016.02078.
- Seeley W.W., Menon V., Schatzberg A.F., Keller J., Glover G.H., Kenna H., Reiss A.L., Greicius M.D.* Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *J. Neurosci.* 2007. 27(9): 2349–56.  
doi: 10.1523/JNEUROSCI.5587-06.2007.
- Corbetta M., Shulman G.L.* Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 2002. 3(3): 201–15.  
doi: 10.1038/nrn755.
- Miller E.K., Cohen J.D.* An integrative theory of prefrontal cortex function. *Ann. Rev. Neurosci.* 2001. 24: 167–202.  
doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.167.
- Pinho A.L., de Manzano O., Fransson P., Eriksson H., Ullen F.* Connecting to create: expertise in musical improvisation is associated with increased functional connectivity between premotor and prefrontal areas. *J. Neurosci.* 2014. 34(18): 6156–63.  
doi: 10.1523/JNEUROSCI.4769-13.2014.
- Limb C.J., Braun A.R.* Neural substrates of spontaneous musical performance: an fMRI study of jazz improvisation. *PLoS One*. 2008. 3(2): e1679.  
doi: 10.1371/journal.pone.0001679.
- Berkowitz A.L.* *The Improvising Mind: Cognition and Creativity in the Musical Moment*. Oxford: Oxford University Press, 2010. 205 pp. ISBN978-0-19-959095-7.
- Dietrich A.* The cognitive neuroscience of creativity. *Psychon Bull Rev.* 2004. 11(6): 1011–26.  
doi: 10.3758/bf03196731.
- Harris D.J., Vine S.J., Wilson M.R.* Is flow really effortless? The complex role of effortful attention. *Sport Exerc. Perform. Psychol.* 2017. 6: 103–114.  
<https://doi.org/10.1037/spy0000083>.
- Liu S., Chow H.M., Xu Y., Erkkinen M.G., Swett K.E., Eagle M.W., Rizik-Baer D.A., Braun A.R.* Neural correlates of lyrical improvisation: an fMRI study of free-style rap. *Sci Rep.* 2012. 2: 834.  
doi: 10.1038/srep00834.
- Donnay G.F., Rankin S.K., Lopez-Gonzalez M., Jiradejvong P., Limb C.J.* Neural Substrates of Interactive

- Musical Improvisation: An fMRI Study of 'Trading Fours' in Jazz. *PLoS ONE*. 2014. 9(2): e88665. doi: 10.1371/journal.pone.0088665
- Berkowitz A.L., Ansari D. Generation of novel motor sequences: the neural correlates of musical improvisation. *Neuroimage*. 2008. 41(2): 535–43. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.02.028.4.
- Hirshorn E.A., Thompson-Schill S. L. Role of the left inferior frontal gyrus in covert word retrieval: neural correlates of switching during verbal fluency. *Neuropsychologia*. 2006. 44(12): 2547–57. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.035.
- Forstmann B.U., Brass M., Koch O., von Cramon D.Y. Voluntary selection of task sets revealed by functional magnetic resonance imaging. *J. Cogn. Neurosci*. 2006. 18(3): 388–98. doi: 10.1162/089892906775990589.
- Walton M.E., Devlin J.T., Rushworth M.F. Interactions between decision making and performance monitoring within prefrontal cortex. *Nat. Neurosci*. 2004. 7(11): 1259–65. doi: 10.1038/nn1339.
- Sutherland M.T., McHugh M. J., Pariyadath V., Stein E.A. Resting state functional connectivity in addiction: Lessons learned and a road ahead. *Neuroimage*. 2012. 62(4): 2281–95. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.01.117.
- Sonuga-Barke E. J., Castellanos F.X. Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: a neurobiological hypothesis. *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2007. 31(7): 977–86. doi: 10.1016/j.neubiorev.2007.02.005.
- Loui P. Rapid and flexible creativity in musical improvisation: review and a model. *Ann. NY Acad. Sci*. 2018. Mar. 25. doi: 10.1111/nyas.13628.
- Halwani G.F., Loui P., Ruber T., Schlaug G. Effects of practice and experience on the arcuate fasciculus: comparing singers, instrumentalists, and non-musicians. *Front Psychol*. 2011. 2: 156. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00156.
- Arkin C., Przysinda E., Pfeifer C.W., Zeng T., Loui P. Gray Matter Correlates of Creativity in Musical Improvisation. *Front Hum Neurosci*. 2019. 13:169. doi: 10.3389/fnhum.2019.00169.
- Belden A., Zeng T., Przysinda E., Anteraper S.A., Whitfield-Gabrieli S., Loui P. Improvising at rest: Differentiating jazz and classical music training with resting state functional connectivity. *Neuroimage*. 2020. 207: 116384. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.116384.
- Dhakal K., Norgaard M., Adhikari B.M., Yun K.S., Dhamala M. Higher Node Activity with Less Functional Connectivity During Musical Improvisation. *Brain Connect*. 2019. 9(3): 296–309. doi: 10.1089/brain.2017.0566.
- Adhikari B.M., Norgaard M., Quinn K.M., Ampudia J., Squirek J., Dhamala M. The Brain Network Underpinning Novel Melody Creation. *Brain Connect*. 2016. 6(10): 772–785. doi: 10.1089/brain.2016.0453.
- Beaty R.E., Seli P., Schacter D.L. Network Neuroscience of Creative Cognition: Mapping Cognitive Mechanisms and Individual Differences in the Creative Brain. *Curr Opin Behav Sci*. 2019. 27: 22–30. doi: 10.1016/j.cobeha.2018.08.013.
- Gerlach K.D., Spreng R.N., Madore K.P., Schacter D.L. Future planning: default network activity couples with frontoparietal control network and reward-processing regions during process and outcome simulations. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci*. 2014. 9(12): 1942–51. doi: 10.1093/scan/nsu001.
- Kim K., Johnson M.K. Extended self: spontaneous activation of medial prefrontal cortex by objects that are 'mine'. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci*. 2014. 9(7): 1006–12. doi: 10.1093/scan/nst082.
- Князев Г.Г., Савостьянов А.Н., Рудыч П.Д., Боцаров А.В. Использование методов машинного обучения для анализа паттернов активности мозга в процессе оценки себя и других людей. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2023. Т. 73. № 2. С. 242–255.
- Ruiz M.H., Jabusch H.C., Altenmuller E. Detecting wrong notes in advance: neuronal correlates of error monitoring in pianists. *Cereb Cortex*. 2009. 19(11): 2625–39. doi: 10.1093/cercor/bhp021.
- Pinho A.L., Ullen F., Castelo-Branco M., Fransson P., de Manzano O. Addressing a Paradox: Dual Strategies for Creative Performance in Introspective and Extrospective Networks. *Cereb Cortex*. 2016. 26(7): 3052–63. doi: 10.1093/cercor/bhv130.
- De Manzano O., Theorell T., Harmat L., Ullen F. The psychophysiology of flow during piano playing. *Emotion*. 2010. 10(3): 301–11. doi: 10.1037/a0018432.



**BRAIN MECHANISMS OF JAZZ IMPROVISATION****V. Yu. Skryabin<sup>#</sup>**

*Russian Medical Academy of Continuous Professional Education  
of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia*

*<sup>#</sup>e-mail: sardonios@yandex.ru*

Musical improvisation, especially in jazz, is a unique form of creative process that requires active interaction between different brain networks. Unlike the performance of pre-learned musical parts, improvisation is characterized by the reduced functional connectivity between the central executive network (ECN) and the default mode network (DMN), allowing bottom-up processes to guide creative behavior. This phenomenon, known as hypofrontality, contributes to reduced cognitive control and facilitates spontaneous idea generation. The aim of this review is to investigate the neural mechanisms underlying musical improvisation. Findings have shown that cognitive control is reduced during improvisation, allowing musicians to generate new musical ideas with minimal interference from executive functions. At the same time, performing pre-learned music requires higher levels of cognitive appraisal and control, which is associated with higher functional connectivity of the ECN and DMN. Of particular interest was the finding that the same neural networks are activated during imaginative improvisation as during real performance, which emphasizes the importance of self-referential processes in creativity. The findings support the hypothesis that improvisation activates unique neural mechanisms that facilitate spontaneous creativity and the free flow of ideas.

*Keywords:* neural networks, hypofrontality, functional connectivity of the brain, default mode network, executive control network, neurobiology of creativity