

## Возможности зеркальной терапии в когнитивной реабилитации после инсульта

© Е.В. ИСАКОВА, С.В. КОТОВ, Е.С. ГУЦ, В.А. ЗЕНИНА

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

### Резюме

В обзоре дана краткая характеристика истории развития зеркальной терапии. Представлены современные данные о предполагаемых механизмах зеркальной терапии и теория зеркальных нейронов. Описана реализация эффектов зеркальной терапии в двигательной реабилитации после инсульта, включая двигательное воображение или мысленное моделирование действий, усиление пространственного внимания и самовосприятия, активация ипсилатерального кортикоспинального пути, реорганизация нейронных сетей, оказывающих влияние на состояние структурно сохраненных, но функционально неактивных нейронов. Авторы отразили предпосылки для использования зеркальной терапии и в реабилитации когнитивных нарушений у пациентов после инсульта. Представлены данные результатов современных клинических исследований и описания клинических случаев применения зеркальной терапии для реабилитации речевых и неречевых когнитивных расстройств, синдрома неглекта после инсульта.

**Ключевые слова:** инсульт, реабилитация, зеркальная терапия, когнитивные нарушения.

### Информация об авторах:

Исакова Е.В. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Гуц Е.С. — <https://orcid.org/0009-0005-3267-4362>

Котов С.В. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Зенина В.А. — <https://orcid.org/0000-0002-6864-0018>

**Автор, ответственный за переписку:** Котов С.В. — e-mail: [kotovsv@yandex.ru](mailto:kotovsv@yandex.ru)

### Как цитировать:

Исакова Е.В., Котов С.В., Гуц Е.С., Зенина В.А. Возможности зеркальной терапии в когнитивной реабилитации после инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(8 вып. 2):64–71. <https://doi.org/10.17116/jnevro202412408264>

## Possibilities of mirror therapy in cognitive rehabilitation after stroke

© E.V. ISAKOVA, S.V. KOTOV, E.S. GUTS, V.A. ZENINA

Vladimirskiy Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia

### Abstract

The review provides a brief overview of the history of the development of mirror therapy. Current data on the putative mechanisms of mirror therapy as well as the theory of mirror neurons are presented. The authors describe the implementation of the effects of mirror therapy in motor rehabilitation after stroke, including motor imagination or mental simulation of actions, strengthening of spatial attention and self-perception, activation of the ipsilateral corticospinal tract, reorganization of neuronal networks that influence the state of structurally intact but functionally inactive neurons. The authors reflected the prerequisites for the use of mirror therapy in the rehabilitation of cognitive impairment in poststroke patients. The results of current clinical studies and case reports of the use of mirror therapy for the rehabilitation of speech and non-speech cognitive disorders, and neglect syndrome after stroke are presented.

**Keywords:** stroke, rehabilitation, mirror therapy, cognitive impairment.

### Information about the authors:

Isakova E.V. — <https://orcid.org/0000-0002-0804-1128>

Guts E.S. — <https://orcid.org/0009-0005-3267-4362>

Kotov S.V. — <https://orcid.org/0000-0002-8706-7317>

Zenina V.A. — <https://orcid.org/0000-0002-6864-0018>

**Corresponding author:** Kotov S.V. — e-mail: [kotovsv@yandex.ru](mailto:kotovsv@yandex.ru)

### To cite this article:

Isakova EV, Kotov SV, Guts ES, Zenina VA. Possibilities of mirror therapy in cognitive rehabilitation after stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(8 вып 2):64–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202412408264>

Церебральный инсульт представляет собой важнейшую медико-социальную проблему. По мере старения населения частота случаев инсульта во всем мире постоянно увеличивается. Перенесенный инсульт приводит не только к нарушению функции движения, утрате возможности самостоятельного передвигаться, но и оказывает негативное влияние на состояние когнитивных функций, эмоциональный настрой, вызывает расстройство восприятия, речи, коммуникации, меняет качество жизни пациента и его окружения.

Реабилитационный процесс после инсульта, как правило, чрезвычайно трудоемкий. Наряду с традиционно проводимой сложной работой по восстановлению утраченных двигательных функций, приоритетным направлением современных реабилитационных программ являются коррекция имеющихся когнитивных нарушений (КН), нормализация эмоционального состояния больного и связанного с этим нового функционального статуса.

Современные возможности нефармакологических подходов коррекции КН включают различные методики [1, 2]. Тем не менее постинсультные нарушения часто становятся хроническими, резко снижая качество повседневной жизни, и пациенты после инсульта по-прежнему испытывают проблемы, а методы реабилитации оказываются недостаточно эффективными. Стремление остановить рост инвалидизации вызывает безусловный интерес к проблеме медицинской реабилитации перенесших инсульт и стимулирует поиск новых решений.

Цель обзора — представить современные данные о предполагаемых механизмах зеркальной терапии (ЗТ) и возможностях ЗТ в когнитивной реабилитации после инсульта.

### История метода ЗТ

В последние десятилетия во всем мире наблюдается активное внедрение в реабилитационный процесс метода зеркальной визуальной обратной связи, который все более приобретает популярность инновационного «переобучения мозга». ЗТ предполагает использование зеркала для обеспечения визуальной биологической обратной связи, создавая иллюзию движения пораженной конечности без каких-либо нарушений, отражая непосредственно движение здоровой конечности.

ЗТ была впервые предложена в начале 1990-х годов. Метод предполагал простые манипуляции с обычным зеркалом у больных с ампутированными конечностями, проводимые таким образом, чтобы пораженная конечность была скрыта, а движения здоровой конечностью казались отражением пораженной. Первоначально терапевтическая эффективность ЗТ была обнаружена при лечении фантомных болей, когда создавалась зеркальная иллюзия, что ампутированная конечность делает то же движение, что и сохранная, вызывая у пациента ощущение покалывания или парестезии в пораженной конечности.

После того как было обнаружено, что этот подход может облегчить фантомную боль, ЗТ была внедрена в качестве инструмента нейрореабилитации для лечения других односторонних болевых расстройств, таких как комплексный регионарный болевой синдром.

Несколько позже исследовательская группа под руководством V. Ramachandran описала использование ЗТ при восстановлении больных с гемипарезом после инсульта. Показания были расширены, ЗТ использовали для улуч-

шения движений пораженных конечностей у пациентов, перенесших инсульт, а также для ускорения двигательного восстановления у больных после операций на кисти. В последующем эффективность ЗТ в восстановлении двигательных функций широко исследовалась, метод показал себя многообещающим в стимуляции процессов нейропластичности [3].

### Механизмы ЗТ

Несмотря на широкое использование ЗТ в нейрореабилитации, нет окончательного понимания механизмов ее положительного действия, изучение феномена активно продолжается.

На сегодняшний день при оценке принципов действия ЗТ обсуждается вклад визуальной информации и проприоцепции в моторный контроль и управление движениями конечностей. Высказывается мнение о доминирующей роли зрительной информации в восприятии движения собственного тела по сравнению с проприоцепцией и тактильной чувствительностью от мышц и сухожилий, а использование ЗТ у пациентов с гемипарезом, ампутированными конечностями восстанавливает соответствие между эфферентными командами и афферентными сигналами. P. Touzalin-Chretien и соавт. [4] в своей работе, предполагая, каким образом мозг дифференцирует и интегрирует визуальную и проприоцептивную информацию в двигательный контроль, отмечают доминирование зрения над проприоцепцией в двигательном программировании, указывая, что зрительное влияние на кортикальную моторную область происходило даже тогда, когда проприоцептивный сигнал не согласован со зрительной обратной связью руки, передаваемой зеркалом. L. Ding и соавт. [5] предполагают, что зрительный сигнал от зеркала заменяет часть недостающего проприоцептивного сигнала, а иллюзии движущейся руки могут усиливать активацию премоторной коры за счет подключения зрительной области, т.е. происходит замена проприоцептивной биоэлектрической обратной связи (БОС) зрительной [6].

### Теория зеркальных нейронов

Выдвигаются различные гипотезы о нейрофизиологических основах ЗТ. Одна из ведущих базируется на системе зеркальных нейронов. Открытие зеркального нейрона — одно из важнейших достижений нейрофизиологии последних десятилетий. В настоящее время признано, что наблюдение за действием, выполняемым другим, активирует у воспринимающего те же самые нейронные структуры, которые отвечают за фактическое выполнение этого действия. Таким образом, данные нейронные структуры характеризуются срабатыванием, когда человек выполняет действие и когда наблюдает, как кто-то другой выполняет то же действие.

Согласно современным представлениям, зеркальные нейроны организованы в мозге в две основные группы. Первая группа включает премоторную кору и париетальную область, вторая — островок и переднюю цингулярную кору. Однако исследования в этой области продолжают и представляют зеркальные нейроны в ЦНС постоянно уточняется и расширяется. Так, например, в экспе-

рименте с использованием функциональной МРТ (фМРТ) при проведении ЗТ у больных нейрональная возбудимость изменяется в верхней теменной дольке, в задней теменной коре, задней поясной извилине, ипсилатеральной латеральной борозде, мозжечке. Кроме того, расширенная система зеркальных нейронов вовлекает дополнительные области мозга, такие как первичная моторная кора, первичная соматосенсорная кора и средняя лобная кора. Также была описана билатерально распределенная теменно-фронтальная сеть со свойствами зеркальных нейронов, которая служит нейронным субстратом для преобразования зрительной информации в корковые области для двигательного выполнения [7, 8].

Еще один часто обсуждаемый авторами в публикациях о ЗТ механизм ее действия — растормаживание структурно сохранных, но функционально неактивных нейронных сетей. Предполагается, что, вероятно, при инсульте в пораженном полушарии может оставаться часть сохранных, но функционально неактивных зеркальных нейронов и визуальная обратная связь при ЗТ стимулирует эти нейроны. Таким образом, механизм сопоставления, наблюдения и выполнения, при котором просмотр действия активирует важнейшие части двигательной системы, стимулирует двигательное обучение.

#### *Двигательное воображение или мысленное моделирование действий*

Это «действие-наблюдение», согласно одной из гипотез, способствует улучшению двигательной функции, стимулируя воображение движения с помощью визуальной обратной связи и двигательное обучение, с которыми связывают еще один механизм, по всей вероятности, определяющий эффект ЗТ [9]. Само по себе воображение движения — сложная когнитивная операция. В ходе тренировки человек репетирует физический навык с использованием двигательных образов, без присутствия физических движений, с целью улучшения выполнения двигательных навыков, получая доступ к перцептивной информации двигательной памяти. Повторные тренировки двигательного паттерна моторной коры, образы движений, основанные на двигательной памяти, могут достичь того же эффекта, что и реальное движение, способствуя функциональному восстановлению.

Наблюдение за мануальными действиями, выполняемыми другим, и воображение движения испытуемым на сегодняшний день определяются как различные способы стимуляции, которые индуцируют активность коры головного мозга, связанную с выполнением движений. Согласно теории нейростимуляции, предложенной М. Jeannerod [10] на основе изучения психологических особенностей, характеризующих различные аспекты КН, имеются «скрытые стадии двигательного акта», включающие не только намерение совершить действие, которое будет выполнено, но и воображение этого действия, распознавание необходимых для этого действия инструментов, обучение в результате наблюдения за действием, выполняемым другим лицом, или даже понимание поведения других людей, выполняющих такое действие. При этом исследования картирования электрической активности мозга свидетельствовали о подосознательной активации двигательной системы в процессе этих когнитивных действий [11, 12].

Двигательное воображение в настоящее время все чаще изучается с использованием электрофизиологических и нейровизуализационных методов, таких как позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и фМРТ. Считается, что на фоне действия ЗТ должна повышаться возбудимость первичной моторной коры, ипсилатеральной по отношению к движущейся руке.

Ранее в исследованиях N. Shadmehr и соавт. [13] было показано, что у здоровых добровольцев во время воображения движений происходит активация дополнительных двигательных структур, но лишь слабая и непостоянная — в основной двигательной зоне М1. Позднее группой японских авторов W. Tomimaga и соавт. [14], проводивших магнито-энцефалографические исследования, было показано, что ритмическая активность частотой 20 Гц индуцируется в первичной моторной коре после стимуляции и модулируется различными типами движений, включая реальное движение, воображение движений и наблюдение за действиями [14]. Похожие данные были получены французскими авторами P. Touzalin-Chretien и A. Dufour [15], использовавшими двигательные вызванные потенциалы при транскраниальной магнитной стимуляции и получившими результат, что наблюдения изображения собственной руки при ЗТ достаточны для генерации кортикальной двигательной подготовки, связанной с этой рукой, даже если движение выполняет противоположная рука.

По данным S. Huet и соавт. [16], количественная кортикальная карта воображения движений, объединившая данные 75 исследований фМРТ и ПЭТ в метаанализе, образы движений последовательно задействуют большую лобно-теменную корковую сеть, а также подкорковые зоны и мозжечок. В своем исследовании на основе фМРТ S. Saleh и соавт. [17], оценивая результаты лечения пациентов с инсультом, выполнявших целенаправленные сгибательные движения пальцев здоровой рукой и одновременно наблюдавших в реальном времени визуальную обратную связь от соответствующей или противоположной (зеркальной) руки в виртуальной реальности, показали, что зеркальная обратная связь опосредована модуляцией теменной коры противоположного полушария, оказывающей влияние на моторную кору (М1).

#### *Усиление пространственного внимания и самовосприятия при ЗТ*

Еще одна обсуждаемая гипотеза предполагает такие потенциальные механизмы, как усиление самовосприятия и пространственного внимания за счет активации нейронных связей в верхней височной извилине, предклинье и задней поясной извилине. ЗТ повышает активность в первичных и вторичных зрительных и соматосенсорных областях, тем самым усиливая внимание и избегая заученного неиспользования пораженной конечности в результате длительного соответствующего афферентного подтверждения двигательной команды, включая такие установки, как «рука не работает», развивающейся в результате долгой обездвиженности. Увеличение активности первичных и вторичных зрительных и соматосенсорных областей предполагает увеличение ресурсов внимания, необходимых для устранения перцептивной неконгруэнтности. Восприятие конгруэнтных зрительно-пропри-

оцептивных сигналов от верхних конечностей является определяющим движение в норме у здоровых людей [18].

#### *Активация ипсилатерального кортикоспинального пути*

Третья гипотеза описывает роль ЗТ в активации и действии ипсилатерального кортикоспинального пути. В своей работе V. Ramachandran и соавт. [19] отмечает, что, помимо кортикоспинальных путей, выступающих контралатерально от моторной коры, существуют и ипсилатеральные пути. Роль их окончательно неясна и активно обсуждается. Предполагается, что обратная визуальная связь реализуется в том числе за счет вовлечения до этого неактивного ипсилатерального пути.

#### **Реализация механизмов ЗТ в двигательной реабилитации**

Много данных в источниках литературы о ЗТ как неинвазивном методе лечения, способствующем двигательному восстановлению у пациентов с инсультом [20].

В недавнем метаанализе Н. Thieme и соавт. [21] продемонстрировали результаты положительного воздействия ЗТ на восстановление моторики верхней конечности после инсульта в сочетании с традиционной реабилитацией. Особое внимание авторами уделялось возможностям ЗТ при ведении пациентов с тяжелым гемипарезом, имеющим реальные ограничения, связанные с трудностью обеспечить традиционную целенаправленную трудотерапию. И в этих случаях ЗТ рассматривается как реабилитационный «метод выбора» [21]. В свою очередь С. Dohle и соавт. [22] акцентируют внимание на возможности ЗТ даже у больных с полной плегией, так как при проведении сеансов используются визуальные, а не соматосенсорные стимулы для получения желаемой реакции в пораженной конечности. Авторы одного из недавних Кокрейновских обзоров показали, что ЗТ эффективна в улучшении двигательной функции верхних конечностей, повышении повседневной активности, уменьшении выраженности левого синдрома [21].

#### **Предпосылки для использования ЗТ в реабилитации КН**

Наряду с признанием положительного влияния ЗТ на регресс двигательных расстройств и боли после инсульта, авторы, в частности D. Gandhi и соавт. [23], обращают внимание на улучшение на фоне ЗТ зрительно-пространственной ориентации пациентов, процесса формирования ощущений. Более того, многие исследователи приводят аргументы в пользу важности изучения потенциальных когнитивных преимуществ ЗТ, имеющих решающее значение в оптимизации мероприятий по реабилитации после инсульта [3, 20].

G. Buccino [24] в своей работе определяет ЗТ как двигательный метод с когнитивными стратегиями, подчеркивая, что ЗТ имеет потенциал для улучшения когнитивных функций, связанных с двигательной активностью. Основываясь на понимании роли зеркальных нейронов в имитации и обучении двигательным навыкам, Н. Мао и соавт. [3] в своей публикации также представляют ЗТ как имеющую потенциал для улучшения когнитивных функ-

ций, связанных с двигательной активностью [3]. В связи с этим корейские авторы Н. Kim и соавт. [20] в одном из последних обзоров, посвященных ЗТ, определяют ее потенциал влияния на когнитивные функции «скорее косвенно, чем напрямую».

Когнитивные функции непосредственно связаны с управлением моторикой, включая в себя не только планирование целенаправленного действия, но и адекватную реакцию в окружающей среде с учетом внутренних и внешних сигналов с мониторингом производительности и необходимости постоянного двигательного обучения. Результаты исследований показывают, что когнитивные процессы, включая внимание, рабочую память и исполнительные функции, играют роль в планировании и выполнении сложных двигательных актов. Движение не может осуществляться без намерения, более того, оно в той или иной мере всегда эмоционально окрашено.

В систематизированном обзоре F. Deconinck и соавт. [25], обсуждая эффекты зеркальной визуальной обратной связи на мозг, отмечают, что ЗТ может оказывать влияние на мотонейронную активность за счет увеличения когнитивного проникновения в контроль действий, основываясь на анализе нейронной активности в областях головного мозга, связанных с функцией внимания и когнитивным контролем, выделяя дорсолатеральную префронтальную кору, заднюю поясную извилину, предклинье. Авторы отмечают, что ЗТ задействует распределенную обширную внутримозговую сеть, включая области, связанные с перцептивными, двигательными и когнитивными функциями с наличием мгновенных и долгосрочных нейромодулирующих эффектов.

#### **Влияние ЗТ на процесс реорганизации нейронных сетей**

В настоящее время обсуждается и более глобальная реорганизация, связанная с влиянием ЗТ на состояние структурно сохранных, но функционально неактивных широко распространяющихся нейронных сетей, в которые интегрирована и система зеркальных нейронов.

В работах, посвященных изучению свойств функционально связанных крупномасштабных нейронных сетей мозга, основанных на данных фМРТ, отмечена четкая связь между непосредственным моторным актом и его эмоциональным и когнитивным сопровождением. Было продемонстрировано, что гибкость сети, которая отражает способность мозга переключаться, динамически меняется во время простой задачи моторного обучения, балансируя между процессами, управляемыми вниманием и моторикой.

Основанные на изучении коннектома исследования роли системы зеркальных нейронов в восстановлении речевой функции после инсульта показывают, что переход от узко локализованной организации функционирования мозга к его глобальной сетевой структуре с взаимодействующими обширными областями мозга связывает множество имеющихся и образующихся сетей [26]. Такой подход направлен на изучение взаимосвязей между областями мозга, а не на функции отдельных областей. Ранее считавшиеся автономными системы мозга рассматриваются как взаимозависимые, оказывающие влияние друг на друга, например слуховая и зрительная, двигательная и соматосенсор-

ная, система зеркальных нейронов является как раз примером такой глубокой взаимосвязи.

S. Larivière и соавт. [27] в исследовании с использованием фМРТ отметили, что у пациентов с инсультом, независимо от локализации очага поражения, имело место глобальное нарушение интеграции и координации крупномасштабных функциональных сетей, обеспечивающих двигательный, сенсорный и когнитивный контроль [27]. Авторы подчеркивают, что акцент только на изучение роли моторной сети является недостаточным без понимания интегративных процессов, определяющих остаточные двигательные возможности пациента с изменениями функциональных связей, локализованных далеко за пределами места поражения, балансирующих между двигательными и когнитивными проводниками [28].

Группа итальянских авторов D. D'Imperio и соавт. [29], поставившая целью изучить интеграцию между двигательными нарушениями и КН на фоне ЗТ, подтверждает гипотезу о том, что восстановление моторики задействует крупномасштабные сети мозга на основе когнитивного резерва. По полученным ими данным, восприимчивость к двигательной тренировке увеличивалась в зависимости от степени сохранности доменов внимания, зрительно-пространственного восприятия, что способствовало улучшению моторики. Анализ с использованием воксельной морфометрии в сопоставлении со шкалой Фугл-Мейера для верхних конечностей показал значительные изменения, особенно в области скорлупы и островка височной доли. Скорлупа, входящая в чечевицеобразное тело, являющаяся парным базальным ядром стриопаллидарной системы, представляет собой первичную двигательную структуру, которая оказывает значительное влияние на различные виды обучения. В свою очередь островковая часть представляет собой важнейшую область когнитивной обработки посредством дефиниции стимулов различной сенсорной модальности, а также участвует в выполнении задач, требующих внимания и контроля, благодаря своему взаимодействию с крупномасштабными мозговыми сетями [29].

В ряде исследований была показана тесная взаимосвязь между темпами восстановления двигательного дефицита правой руки и регрессом афатических нарушений, причем занятия, направленные на восстановление движений руки, приводили к существенному возрастанию темпа регресса речевых расстройств и других когнитивных функций у больных после инсульта, что связывается с вовлечением системы зеркальных нейронов центральной премоторной и нижнетеменной областей левого полушария [30, 31].

В работе A. Mullick и соавт. [32] показана тесная прямая корреляционная зависимость между состоянием исполнительных функций пациентов и непосредственно двигательным восстановлением паретичной руки после инсульта. M. Einstad и соавт. [33] в ходе проспективного многоцентрового исследования была показана высокая положительная корреляционная зависимость двигательной активности через 3 мес после перенесенного инсульта и состояния памяти, исполнительных функций и мышления. Высказываются даже весьма категоричные заключения, прогнозирующие исход лечения, как, например, в работе A. Primavim и соавт. [34], о том, что у пациентов с инсультом без улучшения моторики нет никаких перспектив восстановления когнитивных функций, в частности в данном исследовании оценивался речевой домен.

## Эффективность метода ЗТ в реабилитации КН

Группой китайских авторов Н. Мао и соавт. [3] в результате проведенного клинического исследования с оценкой влияния тренировки наблюдения за действиями на движение верхних конечностей и когнитивные функции отмечено, что тренировка активирует систему зеркальных нейронов, расположенную в нижней части прецентральной извилины, задней нижней лобной извилины, нижней теменной дольки и верхней височной извилины, где топически реализуются такие функции мозга, как двигательный и когнитивный контроль.

В последнем систематическом обзоре и метаанализе публикаций Н. Kim и соавт. [20] подвели итог большой работе по всестороннему изучению эффектов ЗТ для восстановления пациентов после инсульта, отмечая, что когнитивные процессы, включая внимание, рабочую память и исполнительные функции, играют роль в планировании и выполнении сложных движений верхних конечностей в процессе ЗТ. Кроме того, аналогичным образом нарушенная функция движения верхних конечностей может оказывать негативное влияние на когнитивные способности.

### *Роль домена внимания в реализации эффектов ЗТ*

Авторы, занимающиеся изучением эффектов ЗТ, признают особую важность функции внимания, которая, как предполагается, является предиктором эффективности лечения. Общим правилом для проведения процедуры ЗТ считается условие полного внимания, когда ничего не должно отвлекать больного от лечебного процесса, и на отражающей в зеркале руке не может быть колец, часов, браслетов, запянок, ярких пуговиц и прочих предметов. В исследовании S. Jo и соавт. [35] во время проведения сеансов ЗТ у пациентов с инсультом было отмечено, что большинство участников отвлекаются, сохраняя внимание только в течение 31,3% от времени процедуры. Таким образом, эмпирическим путем авторы подошли к гипотезе, что та функция, которая является облигатной для выполнения объема проводимой лечебной процедуры, в данном случае — внимание, является в свою очередь предметом тренировки во время проведения сеанса [35].

### *ЗТ в реабилитации речевых нарушений*

В ряде работ было высказано предположение, что система зеркальных нейронов имеет большой потенциал в восстановлении речевых нарушений [36]. В настоящее время в коррекционно-развивающей работе на основе информационно-коммуникационных технологий специалисты по логопедии, дефектологи активно используют специальные приемы, направленные на модуляцию моторной и премоторной коры действиями, словами-действиями и предложениями-действиями. По вербальной команде пациенту, проговаривая слова-триггеры, представляется зрительный образ. Эти слова-триггеры совпадают со зрительными образами в предметно-пространственной среде, например на экране монитора при выполнении определенного двигательного терапевтического модуля. Таким образом, идет отработка и двигательного домена, и когнитивного речевого домена [37, 38].

Методические подходы, основанные на наблюдении за целенаправленными действиями и их имитацией, включая артикуляционные движения, активно используются в реабилитации больных, перенесших инсульт и имеющих нарушения двигательной функции и/или речи [36]. Имитация позволяет зрительной системе вносить вклад в восстановление механизмов устной речи, поскольку в мозге имеются структуры, активные при имитации, — система зрительных нейронов, играющая важную роль в формировании, развитии и восстановлении моторики руки и артикуляционной мускулатуры [39, 40].

J. Lee и соавт. [41] были предприняты попытки оценки эффективности лечения больных с постинсультной афазией с использованием системы IMITATE, основанной на наблюдении за действиями и подражании, тренировке повторения-имитации прослушиваемых аудиовизуальных записей слов и фраз. E. Duncan и соавт. [42], проанализировав полученные данные исследования IMITATE, пришли к выводу, что большая вариабельность результатов при выполнении тестов являлась предиктором лучшего восстановления речи, указывая на запас нейропластических изменений, что подтверждалось более выраженными улучшениями речи после курса лечения.

N. Looeiyun и соавт. [43] сравнили эффективность методик IMITATE и IMITATE-R, дополненной видео-файлами с движениями рук, и отметили больший эффект от использования измененной методики в нескольких наблюдениях, что, вероятно, было обусловлено большим вовлечением системы зеркальных нейронов в результате включения мануальных манипуляций. В результате было показано, что система зеркальных нейронов выполняет важную роль в понимании действий и их имитации, а обучение на основе системы зеркальных нейронов было расценено как потенциальный инструмент нейрореабилитации двигательных и речевых нарушений после инсульта [44].

P. Marangolo и соавт. [45] сообщили об исследовании, включавшем пациентов с афазией, которые проходили различные тренинги: «наблюдение за действием», «наблюдение за действием и его выполнением» и «наблюдение за действием и бессмысленными движениями». По оценке полученных результатов авторы предполагают связь целенаправленных жестов с системой продуцирования речи, вызывающую нейропластические изменения системы речи у пациентов с повреждением головного мозга [46].

В исследовании S. Xu и соавт. [47] на значительной выборке пациентов с инсультом была проанализирована взаимосвязь между нарушением движения верхней конечности и афазией. Авторы отметили тесную прямую корреляционную связь между степенью пареза верхней конечности и нарушением речевой функции после инсульта, а также подтвердили, что восстановление двигательных и речевых функций после инсульта происходит параллельно. Похожие данные были получены и в более ранних исследованиях E. Moulton и соавт. [48].

В публикации K. Aгуа и соавт. [49] сообщалось о случае клинического наблюдения пациента после инсульта с моторной афазией, у которого наблюдалось непреднамеренное и значительное улучшение речи после сеансов ЗТ для паретичной верхней конечности. L. You и соавт. [50] в исследовании, посвященном оценке эффективности ЗТ у пациентов с речевыми нарушениями после инсульта, показали ее положительное воздействие у пациентов с апраксией

речи [50]. В ходе рандомизированного контролируемого исследования Q. Chen и соавт. [51] с использованием ЗТ при моторной афазии у больных ишемическим инсультом отметили значительные улучшения называния, повторения, спонтанной речи. фМРТ показала, что функциональная связь усиливалась главным образом между лобными, височными и теменными долями левого полушария.

#### *Влияние зеркальной визуальной обратной связи на синдром неглекта у пациентов после инсульта*

Частым клиническим проявлением инсульта является такой сложный психоневрологический феномен, как странственное игнорирование, или неглект, проявляющийся в неспособности реагировать на раздражители, представленные с противоположной к пораженному полушарию стороны. K. Fong и соавт. [52] провели лечение пациентов с неглектом в подостром периоде правополушарного инсульта, отметив положительный эффект терапии. Y. Zhang и соавт. [53], изучая влияние ЗТ на синдром неглекта и повседневную деятельность у пациентов после инсульта, также пришли к выводу об ее эффективности. По данным A. Meidiana и соавт. [54], тренировка ЗТ может улучшить проблемы контроля постурального баланса в вертикальном положении и оказать положительное влияние на зрительное восприятие у пациентов с инсультом с гемипарезом в модели левостороннего неглекта.

По результатам открытого слепого рандомизированного контролируемого исследования, проводившегося с участием пациентов, перенесших инсульт с поражением таламуса и теменных долей, с синдромом неглекта, опубликованного J. Pandian и соавт. [55], была отмечена статистически значимо большая динамика в группе, получавшей ЗТ, по сравнению с контрольной группой. Полученный положительный эффект авторы объяснили возможностью созданной зрительной иллюзии движения пораженной руки задействовать премоторную кору через ее связи со зрительными областями. А также тем, что зеркальные нейроны активируются, когда мозг пытается «наблюдать, представлять и выполнять действие». ЗТ, по мнению M. Ng и соавт. [56], улучшает восприятие, снижая симптомы неглекта у пациентов, перенесших инсульт. Механизмы положительного действия также связывают с активацией зеркальных нейронов в контралатеральном полушарии или модификацией корковой активности посредством визуальной обратной связи воображаемого действия.

## **Заключение**

Таким образом, метод ЗТ активно применяется во многих странах мира в постинсультной реабилитации не только у пациентов с двигательными нарушениями, но и для коррекции КН. В представленном обзоре предпринята попытка систематизировать данные о методологии ЗТ, понимании ее эффектов и механизмов действия. С одной стороны, ЗТ характеризует простота, доступность и безопасность, а с другой — при ее использовании есть возможность проводить лечение широкого спектра нарушений, включая КН, что характеризует данный метод как интересный, перспективный при составлении комплексных программ нейрореабилитации. Важно отметить, что, безусловно, учитыва-

вая все представленные предпосылки, основанные на анализе механизмов действия ЗТ, результаты проведенных ранее исследований, оценивающих когнитивный эффект метода, выполненных с определенными ограничениями и не всегда соответствующих необходимым нормативным требованиям, необходимо проведение дальнейших работ

по изучению эффективности ЗТ в коррекции КН, организованных на соответствующем методологическом уровне, для получения доказательной базы использования метода.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Котов С.В., Белова Ю.А., Щербакова М.М. и др. Восстановление речевых функций у больных с афазией в раннем реабилитационном периоде ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2017;117(2):38-41. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.17116/jnevro20171172138-41>
2. Котов С.В., Зенина В.А., Исакова Е.В. и др. Оценка нарушений нейродинамических процессов у больных в остром периоде ишемического инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2023;123(3-2):5-12. Kotov SV, Zenina VA, Isakova EV, et al. Assessment of disorders of neurodynamic processes in patients with acute ischemic stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2023;123(3-2):5-12. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.17116/jnevro202312320325>
3. Mao H, Li Y, Tang L, et al. Effects of mirror neuron system-based training on rehabilitation of stroke patients. *Brain Behav*. 2020;10(8):e01729.  
<https://doi.org/10.1002/brb3.1729>
4. Touzalin-Chretien P, Ehrler S, Dufour A. Dominance of vision over proprioception on motor programming: evidence from ERP. *Cereb Cortex*. 2010;20(8):2007-2016.  
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhp271>
5. Ding L, Wang X, Guo X, et al. Effects of camera-based mirror visual feedback therapy for patients who had a stroke and the neural mechanisms involved: protocol of a multicentre randomised control study. *BMJ Open*. 2019;9(3):e022828.  
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-022828>
6. Назарова М.А., Пирадов М.А., Черникова Л.А. Зрительная обратная связь — зеркальная терапия в нейрореабилитации *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2012;6(4):36-41. Nazarova MA, Piradov MA, Chernikova LA. Mirror visual feedback — mirror therapy in neurorehabilitation *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2016;6(4):36-41. (In Russ.).
7. Zhang JJQ, Fong KNK, Welage N, et al. The Activation of the Mirror Neuron System during Action Observation and Action Execution with Mirror Visual Feedback in Stroke: A Systematic Review. *Neural Plast*. 2018;2018:2321045.  
<https://doi.org/10.1155/2018/2321045>
8. Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol*. 2012;54(3):293-310.  
<https://doi.org/10.1002/dev.20504>
9. Mang J, Xu Z, Qi Y, Zhang T. Favoring the cognitive-motor process in the closed-loop of BCI mediated post stroke motor function recovery: challenges and approaches. *Front Neurobot*. 2023;17:1271967.  
<https://doi.org/10.3389/fnbot.2023.1271967>
10. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage*. 2001;14(1Pt2):103-109.  
<https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0832>
11. Kaneko N, Yokoyama H, Masugi Y, et al. Phase dependent modulation of cortical activity during action observation and motor imagery of walking: An EEG study. *Neuroimage*. 2021;225:117486.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117486>
12. Grazia A, Wimmer M, Müller-Putz GR, et al. Neural Suppression Elicited During Motor Imagery Following the Observation of Biological Motion From Point-Light Walker Stimuli. *Front Hum Neurosci*. 2022;15:788036.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.788036>
13. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*. 2006;37(7):1941-1952.  
<https://doi.org/10.1161/01.STR.0000226902.43357.fc>
14. Tominaga W, Matsubayashi J, Deguchi Y, et al. A mirror reflection of a hand modulates stimulus-induced 20-Hz activity. *Neuroimage*. 2009;46(2):500-504.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.02.021>
15. Touzalin-Chretien P, Dufour A. Motor cortex activation induced by a mirror: evidence from lateralized readiness potentials. *J Neurophysiol*. 2008;100(1):19-23.  
<https://doi.org/10.1152/jn.90260.2008>
16. Héту S, Grégoire M, Saimpont A, et al. The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013;37(5):930-949.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.03.017>
17. Saleh S, Yarossi M, Manuweera T, et al. Network interactions underlying mirror feedback in stroke: A dynamic causal modeling study. *Neuroimage Clin*. 2016;13:46-54.  
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.11.012>
18. Schlienger R, De Giovanni C, Guerraz M, et al. When proprioceptive feedback enhances visual perception of self-body movement: rehabilitation perspectives. *Front Hum Neurosci*. 2023;17:1144033.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2023.1144033>
19. Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*. 2009;132(Pt 7):1693-1710.  
<https://doi.org/10.1093/brain/awp135>
20. Kim H, Lee E, Jung J, Lee S. Utilization of Mirror Visual Feedback for Upper Limb Function in Poststroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Vision (Basel)*. 2023;7(4):75.  
<https://doi.org/10.3390/vision7040075>
21. Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;7(7):CD008449.  
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD008449.pub3>
22. Dohle C, Püllen J, Nakaten A, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(3):209-217.  
<https://doi.org/10.1177/1545968308324786>
23. Gandhi DB, Sterba A, Khatter H, et al. Mirror Therapy in Stroke Rehabilitation: Current Perspectives. *Ther Clin Risk Manag*. 2020;16:75-85.  
<https://doi.org/10.2147/TCRM.S206883>
24. Buccino G. Action observation treatment: a novel tool in neurorehabilitation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2014;369(1644):20130185.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0185>
25. Deconinck FJ, Smorenburg AR, Benham A, et al. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(4):349-361.  
<https://doi.org/10.1177/1545968314546134>
26. de Pasquale F, Corbetta M, Betti V, et al. Cortical cores in network dynamics. *Neuroimage*. 2018;180(PtB):370-382.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.09.063>
27. Larivière S, Ward NS, Boudrias MH. Disrupted functional network integrity and flexibility after stroke: Relation to motor impairments. *Neuroimage Clin*. 2018;19:883-891.  
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.06.010>
28. Hauk O, Johnsrude I, Pulvermüller F. Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*. 2004;41(2):301-307.  
[https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(03\)00838-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(03)00838-9)
29. D'Imperio D, Romeo Z, Maistrello L, et al. Sensorimotor, Attentional, and Neuroanatomical Predictors of Upper Limb Motor Deficits and Rehabilitation Outcome after Stroke. *Neural Plast*. 2021;2021:8845685.  
<https://doi.org/10.1155/2021/8845685>

30. Hybbinette H, Schalling E, Plantin J, et al. Recovery of Apraxia of Speech and Aphasia in Patients With Hand Motor Impairment After Stroke. *Front Neurol.* 2021;12:634065. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.634065>
31. Meister IG, Sparing R, Foltys H, et al. Functional connectivity between cortical hand motor and language areas during recovery from aphasia. *J Neurol Sci.* 2006;247(2):165-168. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.04.003>
32. Mullick AA, Subramanian SK, Levin MF. Emerging evidence of the association between cognitive deficits and arm motor recovery after stroke: A meta-analysis. *Restor Neurol Neurosci.* 2015;33(3):389-403. <https://doi.org/10.3233/RNN-150510>
33. Einstad MS, Saltvedt I, Lydersen S, et al. Associations between post-stroke motor and cognitive function: a cross-sectional study. *BMC Geriatr.* 2021;21(1):103. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02055-7>
34. Primažin A, Scholtes N, Heim S, et al. Determinants of Concurrent Motor and Language Recovery during Intensive Therapy in Chronic Stroke Patients: Four Single-Case Studies. *Front Neurol.* 2015;6:215. <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00215>
35. Jo S, Kim H, Song C. A Novel Approach to Increase Attention during Mirror Therapy among Stroke Patients: A Video-Based Behavioral Analysis. *Brain Sci.* 2022;12(3):297. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030297>
36. Small SL, Buccino G, Solodkin A. The mirror neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol.* 2012;54(3):293-310. <https://doi.org/10.1002/dev.20504>
37. Боровик Ю.Н. Анализ особенностей коррекционно-развивающей работы с детьми с ограниченными возможностями здоровья на основе информационно-коммуникационных технологий. *Педагогика и психология образования.* 2020;(4):24-34. Borovik YuN. Analysis of the features of correctional and developmental work with children with disabilities based on ICT. *Pedagogy and Psychology of Education.* 2020;(4):24-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.31862/2500-297X-2020-4-24-34>
38. Moreno I, de Vega M, León I. Understanding action language modulates oscillatory mu and beta rhythms in the same way as observing actions. *Brain Cogn.* 2013;82(3):236-242. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.04.010>
39. Reggin LD, Gómez Franco LE, Horchak OV, et al. Consensus Paper: Situated and Embodied Language Acquisition. *J Cogn.* 2023;6(1):63. <https://doi.org/10.5334/joc.308>
40. Vitale F, de Vega M. Disturbing the activity of the primary motor cortex by means of transcranial magnetic stimulation affects long term memory of sentences referred to manipulable objects. *Front Psychol.* 2023;14:1175217. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1175217>
41. Lee J, Fowler R, Rodney D, et al. IMITATE: An intensive computer-based treatment for aphasia based on action observation and imitation. *Aphasiology.* 2010;24(4):449-465. <https://doi.org/10.1080/02687030802714157>
42. Duncan ES, Schmah T, Small SL. Performance Variability as a Predictor of Response to Aphasia Treatment. *Neurorehabil Neural Repair.* 2016;30(9):876-882. <https://doi.org/10.1177/1545968316642522>
43. Looeiyar N, Kianfar F, Ghasis L. The introduction of IMITATE-R and its comparison with the IMITATE treatment method in the naming ability of two Persian speaking aphasic patients. *Neuropsychol Rehabil.* 2020;30(4):709-730. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1496940>
44. Chen W, Ye Q, Ji X, et al. Mirror neuron system based therapy for aphasia rehabilitation. *Front Psychol.* 2015;6:1665. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01665>
45. Marangolo P, Bonifazi S, Tomaiuolo F, et al. Improving language without words: first evidence from aphasia. *Neuropsychologia.* 2010;48(13):3824-3833. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025>
46. Bonifazi S, Tomaiuolo F, Altoè G, et al. Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: new evidence from aphasia. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013;49(4):473-481.
47. Xu S, Yan Z, Pan Y, et al. Associations between Upper Extremity Motor Function and Aphasia after Stroke: A Multicenter Cross-Sectional Study. *Behav Neurol.* 2021;2021:9417173. <https://doi.org/10.1155/2021/9417173>
48. Moulton E, Magno S, Valabregue R, et al. Acute Diffusivity Biomarkers for Prediction of Motor and Language Outcome in Mild-to-Severe Stroke Patients. *Stroke.* 2019;50(8):2050-2056. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.024946>
49. Arya KN, Pandian S. Inadvertent recovery in communication deficits following the upper limb mirror therapy in stroke: A case report. *J Bodyw Mov Ther.* 2014;18(4):566-568. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.02.005>
50. You L, Wang Y, Chen W, et al. The Effectiveness of Action Observation Therapy Based on Mirror Neuron Theory in Chinese Patients with Apraxia of Speech after Stroke. *Eur Neurol.* 2019;81(5-6):278-286. <https://doi.org/10.1159/000503960>
51. Chen Q, Shen W, Sun H, et al. Effects of mirror therapy on motor aphasia after acute cerebral infarction: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2021;49(1):103-117. <https://doi.org/10.3233/NRE-210125>
52. Fong KNK, Ting KH, Zhang X, et al. The Effect of Mirror Visual Feedback on Spatial Neglect for Patients after Stroke: A Preliminary Randomized Controlled Trial. *Brain Sci.* 2022;13(1):3. <https://doi.org/10.3390/brainsci13010003>
53. Zhang Y, Xing Y, Li C, et al. Mirror therapy for unilateral neglect after stroke: A systematic review. *Eur J Neurol.* 2022;29(1):358-371. <https://doi.org/10.1111/ene.15122>
54. Meidian AC, Yige S, Irfan M, et al. Immediate effect of adding mirror visual feedback to lateral weight-shifting training on the standing balance control of the unilateral spatial neglect model. *J Phys Ther Sci.* 2021;33(11):809-817. <https://doi.org/10.1589/jpts.33.809>
55. Pandian JD, Arora R, Kaur P, et al. Mirror therapy in unilateral neglect after stroke (MUST trial): a randomized controlled trial. *Neurology.* 2014;83(11):1012-1017. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000773>
56. Ng MJ, Singh P, Pandian JD, et al. Mirror therapy in unilateral neglect after stroke (MUST trial): a randomized controlled trial. *Neurology.* 2015;84(12):1286. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000462978.57606.5a>

Поступила 27.01.2024

Received 27.01.2024

Принята к печати 30.01.2024

Accepted 30.01.2024