

УДК 616-092

Когнитивная реабилитация моторного движения

Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии».

125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

Нарушения двигательных функций можно восстановить двигательной активностью. Способность к движению поддерживается движением. При сокращении или утрате последнего, сокращается или утрачивается первое. Развивается ситуация «порочного круга». Поэтому жизненно важна ранняя и эффективная реабилитация ослабленной или утраченной моторной способности.

В лекции представлены некоторые свидетельства того, что трудновыполнимому в такой ситуации разрыву «порочного круга» можно способствовать воображаемым движением – двигательными образами активировать механизмы физической двигательной моторики.

Ключевые слова: движение; реабилитация; зеркальные нейроны; моторные образы.

Для цитирования: Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б. Когнитивная реабилитация моторного движения. *Патогенез.* 2023; 21(3): 75-80.

DOI: 10.25557/2310-0435.2023.03.75-80

Для корреспонденции: Пальцын Александр Александрович, e-mail: lrrp@mail.ru

Финансирование. Исследование не имеет спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 20.07.2023

Cognitive rehabilitation of motor movement

Paltsyn A.A., Sviridkina N.B.

Institute of General Pathology and Pathophysiology,
Baltiyskaya St. 8, Moscow 125315, Russian Federation

Violations of motor functions can be restored by motor activity. The ability to move is maintained by movement. With the reduction or loss of the latter, the former is reduced or lost. A vicious circle is developing. Therefore, early, and effective rehabilitation of impaired or lost motor ability is vital.

The lecture provides some evidence that the imaginary movement can help break the vicious circle, which is difficult to achieve in such a situation, motor images activate the mechanisms of physical motor motility.

Key words: movement; rehabilitation; mirror neurons; motor images.

For citation: Paltsyn A.A., Sviridkina N.B. [Cognitive rehabilitation of motor movement]. *Patogenez [Pathogenesis].* 2023; 21(3): 75-80. (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2023.03.75-80

For correspondence: Paltsyn Alexander Alexandrovich, e-mail: lrrp@mail.ru

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: 20.07.2023.

Лучший способ реабилитации движения — это движение. В этой лекции речь пойдет о многочисленных ситуациях нарушенного движения, чаще всего инсультами — наиболее распространенной причине инвалидности в США и Европе по данным ВОЗ. И, конечно, при возрастных бедах, когда моторное движение затруднено или невозможно. В таких ситуациях разумно и следует обращаться к единственному, что остается человеку, — когнитивным практикам.

Двигательные образы — впечатления — могут создаваться в нервных сетях *мысленным воображением* движений без физического перемещения частей тела. Сегодня есть убедительные свидетельства того, что *воображаемыми* движениями можно инициировать, обучать, восстанавливать после нарушений размах и силу, совершенствовать *мышечные* движения. Эта замечательная

возможность основана на существовании природного механизма *зеркальных нейронов*.

Догадка о существовании таких нейронов возникла в группе итальянских нейробиологов из университета города Парма, работавших под руководством G. Rizzolatti [1]. Исследователи обнаружили сходство энцефалограмм в группах обезьян, наблюдающих за другими обезьянами (1), двигающими какие-то предметы (2). Мозг первых *отражал* действие, совершаемое вторыми, поэтому энцефалограммы в группах были похожими. За способность отражать активность авторы называли нейроны первых *зеркальными*. Эти клетки активируются, когда обезьяна выполняет целенаправленное действие и когда видит, слышит или догадывается, что кто-то другой выполняет такое действие. Расположены клетки у макаков в задней теменной коре. Зеркаль-

ные нейроны у обезьян реагируют не только на движение, но и на звуки, и на *мысли* (судя по результатам), возникшие у обладателя этих нейронов. Удалось обнаружить: когда одни макаки выполняли ряд несложных действий на глазах у своих собратьев, в коре головного мозга наблюдающих обезьян регистрировалась активность нервных импульсов, аналогичная той, которая инструментально определялась в коре действующих обезьян. В настоящее время открытие Rizzolatti с сотрудниками часто используется в клинической и амбулаторной практике для восстановления нарушенной двигательной функции.

Подробный обзор по использованию знаний о зеркальных нейронах в терапии недавно опубликовал Armin H. Paravlic из Словении [2]. Он сообщает, что техника зеркальных нейронов была применена для лечения в домашних условиях типичного для спорта и нередко в повседневном быту разрыва крестообразной связки. Нарушаются кортикальный и кортикоспинальный уровни моторного контроля, динамическая стабильность колена, развиваются слабость разгибателя бедра, хромота, боль. Большинство – 65% больных – в спорт уже не возвращаются, снижается качество обычной повседневной жизни. Без лечения слабость четырехглавой мышцы сохраняется годы и даже всю жизнь. Положение больного осложняется быстро развивающейся из-за общей малоподвижности слабостью другой ноги.

Автор рассматривает результаты когнитивных техник реабилитации таких пациентов – техник, основанных на функции зеркальных нейронов. Считается, что развивающаяся патология в основном обусловлена изменениями на центральном (корковом и корково-спинальном) уровнях моторного контроля, а не на периферическом. Для повышения качества жизни, физической работоспособности, избавления от последствий травмы использовались воображаемые движения (Motor Imagery) и практика наблюдения больно-го за своими действиями (Action Observation). В обзоре Paravlic представлены основные механизмы, результаты когнитивных вмешательств и рекомендации по их применению в домашних условиях. В качестве оборудования нужен только компьютер или ноутбук. В этом и множестве других обстоятельств, когда действительные физические нагрузки затруднены или невозможны, проявляется медицинская ценность природного механизма зеркальных нейронов. Он позволяет осуществлять реабилитацию моторной недостаточности в значительной степени мысленным, нежели мышечным движением.

Актуальность двигательной реабилитации иллюстрируется следующей грустной статистикой последствий инсульта: «В результате инсульта 50% пациентов навсегда остаются в инвалидном кресле, 15% могут передвигаться самостоятельно в помещении, 10% могут выходить на улицу и всего 5% – подниматься по лестнице» [3]. Эта статистика отражает отдаленные результаты. Она показывает, что даже продолжительные сроки пре-

бывания в клинике столь малоэффективны для больных и системы здравоохранения. Поэтому актуальны программы реабилитации, предназначенные для выполнения в домашних условиях [2]. Реабилитация в варианте Paravlic возможна вследствие сходства нейрофизиологических механизмов воображаемого и осуществляемого движений и сходства ощущений, испытываемых при этом человеком: соматосенсорная информация, создаваемая движением, мышечное напряжение, увеличение кровотока, смещение суставных поверхностей. Пациенты, которым не удастся ярко представить и/или выполнить требуемое движение, могут начать с простого наблюдательного упражнения, просматривая на мониторе видеозапись фактического выполнения задачи. Но это будет графическая, а не кинестетическая иллюстрация. Она менее эффективна чем последняя в решении задачи – посредством зеркальных нейронов «выполнить» движение синхронно с показом, и так как показано, облегчить моторное обучение почувствовать сделанным не сделанное фактически движение. Конечно, представлять лучше не пустые формальные, «холодные» понятия: «присел – встал», но эмоционально окрашенные: «опустил на корточки тяжёлое тело, а потом с этим грузом встал, разгибая *напряжением мышц* колени». Так усиливается, становится чувственно ярким кинестетическое ощущение события. Зеркальные нейроны успешнее работают в эмоциональном хозяине с развитым кинестетическим чувством [4]. В таком режиме тренировок не движение, а лишь образ движения за 4 недели увеличивает силу мышц тела [2].

Группа бразильских врачей представила литературный обзор использования этого приёма для терапии и реабилитации рук с нарушенной инсультом подвижностью [5]. Включены были 4 рандомизированных, контролируемых исследования с участием 104 пациентов. Во всех исследованиях после завершения курса воображаемых движений было определено статистически значимое улучшение функции рук. Авторы утверждают, что мысленные (образные) движения, сочетаемые с динамической двигательной терапией – эффективный способ улучшения нарушенной инсультом моторики рук. Считают, что результаты могут быть улучшены совершенствованием программы мыслительных и динамических движений.

Справедливости ради следует сказать, что есть и другие результаты. Так, исследование другого коллектива бразильских ученых [6] обобщили данные об использовании ментальной практики для реабилитации верхней конечности после инсульта. Был проведен обзор литературы по 13 исследованиям с 1975 по 2022 год, с общей выборкой 232 человека, *наблюдавших* движения, и 180 – в качестве контроля (не наблюдавших) постинсультных (без коморбидности) больных. Наблюдавшие видели ежедневно в течение месяца комплекс обычных физиотерапевтических и трудотерапевтических реабилитационных упражнений. Авторы этого исследования не обнаружили положительного влияния таких когни-

тивных практик на восстановление нарушенного ин-
сультном качестве движений (паретичных) рук.

Тем не менее, существенным достоинством ког-
нитивной реабилитации моторного движения являет-
ся возможность применять метод не только в клинике,
но и в домашних условиях, что распространяет метод,
повышает удобность его применения. Опыт «домаш-
него варианта» опубликовали южнокорейские врачи
[7]. В исследовании участвовали 42 пациента с хрони-
ческим инсультом. Программа когнитивной реабили-
тации состояла из 30-минутных ежедневных занятий
в течение 8 недель. У 37 участников исследования, про-
шедших полный 8-недельный курс когнитивной реабилитации, наблюдали увеличение подвижности рук ($p < 0.05$). Заключение авторов: тренировка воображе-
нием движений может быть действенной программой
улучшения функции рук, дополнением к традиционной
программе их реабилитации при хроническом инсульте.

В испанской работе [8] проведен мета-анализ иссле-
дований, в которых пациенты *воображали* двигательную
активность, не осуществляя движений. Авторы произ-
вели литературный поиск (в системах PubMed, Scopus,
WOS, Cochrane – рандомизированные клинические ис-
следования) эффективности ментальных практик в ре-
абилитации двигательной функции рук в подострой
и хронической фазах инсульта. Заключение представ-
лено по 11 достаточно строгим методически результа-
там. Авторы сочли, что на ранних сроках лечения эф-
фективность ментальных практик в улучшении мотори-
ки рук оказалась доказанной. Средние по длительности
и отдаленные результаты воображаемых нагрузок для
реабилитации рук недостаточны для ответственных за-
ключений и остаются по мнению авторов задачей буду-
щих исследований.

Близкие по механизмам развития ситуации воз-
никают в травматологии спорта. Французские авторы
представили обзор по реабилитации обсуждаемыми ме-
тодами за 10-летний (2009–2020) период [9]. По их за-
ключению непосредственное видение физической ак-
тивности и воображение движений по возрастающей
в процессе лечения сложности ускоряют реабилитацию
спортивных травм.

Обсуждаемая нами проблема актуальна не только
в сфере болезней, но и в нормальном онтогенезе, чему
посвящено описание другой группы французских врачей
[10], сфокусировавшихся на проблеме поддержания балан-
са, постуральной устойчивости и мобильности. Исследо-
вали людей старше 60 лет без неврологических болезней.
Баланс оценивали по устойчивости на одной ноге и шкале
баланса Берг. Мобильность – по скорости ходьбы и тесту
«встань и иди». Проведено 22 исследования, с общим чис-
лом участников 672. Авторы заключили, что *просмотр* дви-
гательных образов и ситуаций *улучшает баланс и подвиж-
ность* у пожилых людей, не имеющих неврологических
заболеваний. Эти результаты свидетельствуют о том, что
наблюдение движений может быть целебным дополни-
ем к стандартным физиотерапевтическим практикам про-

филактики и лечения пожилых людей. Аналогичный ре-
зультат бывает при любом *образном мышлении* о двигатель-
ных актах даже без их физического осуществления [11].

Испанские врачи Ferran Cuenca-Martínez с соавт.
[12] представили мета-анализ 10 исследований действия
зеркальной терапии на интенсивность боли. В 7 работах
определено значительное, «клинически высоко эффек-
тивное» снижение остроты хронической мышечно-ске-
летной боли. Авторы других трех обзоров сообщили
об отсутствии статистически значимого улучшения. Тем
не менее, в резюме Ferran Cuenca-Martínez с соавт. вы-
ражают убеждение, что терапия, ориентированная на
зеркальные нейроны, вполне может быть одним из спо-
собов лечения двигательных расстройств.

Способность воображать движения, несомненно,
различающаяся у разных людей, подвержена ещё и по-
ложительному эффекту тренировки. Танцоры-люби-
тели ярче представляют па новых танцев, чем танцо-
ры-дебютанты [13].

Многочисленны разрушительные последствия ин-
сульта. Вероятно, самое тяжелое из них, самое опасное
осложнениями – нарушение баланса. Зрительная, ве-
стибулярная и соматосенсорная системы являются ос-
новными сенсорными системами, участвующими в по-
стуральном контроле и поддержании равновесия: на-
блюдение – представление – выполнение действия.
Отсутствие терапевтического успеха в этой сфере –
не просто неэффективность терапии, т.е. *продолжение*
болезни. Это, кроме того, и сохранение угрозы падений
и *утяжеления* болезни.

Нарушения походки – первый и главный признак
болезни Паркинсона, как с точки зрения врачей, так
и обывателей. Снижаются не только скорость и длин-
на шагов, но утрачивается их автоматизм. Расстраива-
ется пространственно-временное однообразие шагов.
При явном желании идти замедляется и/или отсутству-
ет продвижение стоп вперед. Затрудняются движения,
ограниченные временем или пространством. Форми-
руется комплекс вероятности, соответственно, страха
падения. Увеличиваются в числе и продолжительности
«застывания». Возникает нужда в тростях и инвалид-
ных колясках. Соответственно этому болезнь Паркин-
сона – обширная область применения усилий по совер-
шенствованию движений. Silvia Lahuerta-Martín с соавт.
опубликовали описание своего опыта терапии, ориен-
тированной на функцию зеркальных нейронов при этой
болезни [14]. Авторы обнаруживали у своих пациентов
классические симптомы болезни Паркинсона. Мотор-
ные: ригидность, тремор в покое, расстройства походки
(затрудненность начала движения, нестандартность
длины шага, нарушения баланса, брадикинезия). Немо-
торные: депрессия, гипоксемия, расстройства сна.
Снижение скорости и длины шагов считают наиболее
характерным проявлением болезни. Авторы не обсу-
ждают медикаментозные, физиотерапевтические и хи-
рургические меры, эффективные в первые 2 года болез-
ни, но утрачивающие значение в дальнейшем. Однако,

по их мнению, физиотерапия должна не утрачивать значение, а лишь изменяться. Перефокусироваться в ещё большей степени на движение — ментальное и моторное — природный стимул нейрональной пластичности: сохранения и развития синаптических связей, синтез миокинов, нейротрофинов и нейротрансмиттеров, сохранение глобальной коннективности. По заключению авторов, на современном уровне медицины когнитивная реабилитация становится главным способом облегчения и продления жизни пациентов с тяжелыми двигательными расстройствами. Зеркальными нейронами (когнитивным механизмом) обеспечивается тот факт, что внешние сенсорные аудио и видео сигналы способствуют осознанию, планированию, мысленному осуществлению больным своей моторики. Профилактирует более тяжелые формы её нарушения. Снижается и устраняется «замороженность» походки.

Оптимизму этого заявления противоречат результаты бразильской работы [15] с участием 21 больного в группе опыта и 18 в группе контроля. В группе опыта проведено по 12 занятий наблюдения движений, представления движений и ходьбы. В группе контроля 18 больных 12 раз смотрели информацию о болезни Паркинсона и ходили как в опыте. Заключение авторов: комбинация наблюдения движений, представления движений и ходьбы не увеличивает терапевтического действия на свойственные болезни Паркинсона нарушения баланса и «замороженность» походки сравнительно с одной лишь ходьбой.

Представляем результаты строгого отбора в обзор — авторы исключили 1352 статьи из 1367 рассмотренных [16]. Из 15 принятых к анализу публикаций 6 отражали результат наблюдаемого движения, 8 — результат воображаемого движения, и одна статья — оба вида воздействия. Авторы сообщили, что оба способа улучшали клиническое состояние пациентов, включая двигательную функцию, повседневную бытовую активность, пройденную за день дистанцию, уменьшали боль, сохраняли и даже увеличивали силу мышц. Оба способа признаны эффективными в реабилитации поврежденных ног.

D. García Carrasco и J. Aboitiz Cantalpieira [17] обобщили результаты 23 клинических исследований, в которых ментальные практики, дополняли стандартную терапию с целью реабилитации поврежденных инсультом рук и ног. Они убедились, что такой комплекс эффективнее одной лишь стандартной терапии в восстановлении движения конечностей и обычной бытовой активности больных.

В современном мире инсульт — главная по распространенности, тяжести нарушений здоровья и смертности болезнь человечества. Многие факторы нашей цивилизации способствуют её частоте и морбидности. Однако даже в таких обстоятельствах в развитых странах регистрируется существенное — на 34% — снижение смертности от инсульта [18]. Одновременно публикуются и противоположные по сути свидетельства увеличе-

ния частоты заболевания, степени и продолжительности инвалидизации, уровня смертности в странах с низким и средним уровнем благосостояния народа [19]. В обеих категориях стран восстановление здоровья после инсульта остается трудной, дорогой и медленно выполняемой задачей, к решению которой должны быть привлечены все, известные медицине методы.

Выразительны результаты и основанные на них рекомендации американо-тайландской группы исследователей [20]. Они определили, что усилиями современной медицины «выживаемость» после инсульта увеличилась, но частота и тяжесть двигательных нарушений сохранились. Следовательно, осталась, как и прежде, острой потребность в эффективной технике постинсультной реабилитации, быстро восстанавливающей подвижность конечностей и динамический баланс. Nilag Aung с сотрудниками [20] сравнивали 2 группы больных, во всём сходных, кроме техники терапевтических сеансов. В группе 1 это были моторные представления (Motor Imagery) — MI; в группе 2 вместо MI — санитарное просвещение; (NI) — контроль. В обеих группах терапевтические сеансы проводились 3 раза в неделю в течение 4 недель. В каждой группе по 12 сеансов. Результаты оценивали по скорости походки, расстоянию, пройденном за 6 мин, быстроты и легкости выполнения теста «встань и иди». Группа MI отличалась существенным преимуществом.

Такой результат доказывает, что моторные образы в сочетании со стандартной современной лекарственной и физической терапией оказались более эффективными по показателям скорости шагания, теста 6-минутной ходьбы и теста «встань и иди», чем одна лишь стандартная современная терапия с возрастающими нагрузками. Это убеждает в том, что воображение движений должно быть включено в тренировочные программы для восстановления динамического равновесия, выносливости и функциональной подвижности у лиц, перенесших инсульт. Вполне однозначные выражения: «воображаемое движение», «мысленное движение», «моторный образ» авторы дополнительно поясняют: «динамическое психическое состояние, во время которого представление данного двигательного акта или движения репетируется в рабочей памяти без какой-либо явной двигательной, мышечной активности».

Заключая текст о когнитивной реабилитации нарушений движения, обращаем внимание читателя на ещё одно обстоятельство, обуславливающее актуальность этой проблемы. Пациенты с тяжелыми инсультами и травмами иногда лишены или почти лишены даже малых движений в пораженных конечностях. Для них методы лечения, основанные на движении, явно недостаточны или исключены и когнитивное лечение становится единственно возможным.

Следует помнить и учитывать ещё одну важную особенность когнитивного лечения. Сегодня нет или не применяются объективные количественные методы контроля за выполнением больным мыслительной

задачи – степени активации структур головного мозга. Фактора полезного и даже необходимого для верного суждения об эффективности этого способа лечения. Предполагаем, что это можно сделать посредством ЭЭГ или фМРТ, но во всех указанных в нашем тексте исследованиях такая визуализация не делалась. А ведь вполне вероятно и наверняка осуществляется влияние на результат не просто применения/неприменения когнитивного лечения, но и яркости (самоубедительности) сфантазированных больными картин события.

Список литературы

- Rizzolatti G., Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.* 2004; 27: 169–192. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Paravlic A.H. Motor Imagery and Action Observation as Appropriate Strategies for Home-Based Rehabilitation: A Mini-Review Focusing on Improving Physical Function in Orthopedic Patients. *Front. Psychol.* 2022; 13: 826476. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.826476
- GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2018; 17(11): 939–953. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30295-3
- Терехина О.Л., Кирова Ю.И. Анализ причин и подходов к регуляции цитотоксического состояния микроглии стареющего мозга. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* 2023; 67(1): 94–109. DOI: 10.25557/0031-2991.2023.01.94-109
- Machado T.C., Carregosa A.A., Santos M.S., Ribeiro N.M.D.S., Melo A. Efficacy of motor imagery additional to motor-based therapy in the recovery of motor function of the upper limb in post-stroke individuals: a systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2019; 26(7): 548–553. DOI: 10.1080/10749357.2019.1627716
- Aprigio D., Bittencourt J., Ramim M., Marinho V., Brauns I., Fernandes I., Ribeiro P., Velasques B., Silva A.C.A.E. Can mental practice adjunct in the recovery of motor function in the upper limbs after stroke? A systematic review and meta-analysis. *Brain Circ.* 2022; 8(3): 146–158. DOI: 10.4103/bc.bc_28_22
- Ji E.K., Wang H.H., Jung S.J., Lee K.B., Kim J.S., Jo L., Hong B.Y., Lim S.H. Graded motor imagery training as a home exercise program for upper limb motor function in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2021; 100(3): e24351. DOI: 10.1097/MD.00000000000024351
- Villa-Berges E., Laborda Soriano A.A., Lucha-López O., Tricas-Moreno J.M., Hernández-Secorún M., Gómez-Martínez M., Hidalgo-García C. Motor Imagery and Mental Practice in the Subacute and Chronic Phases in Upper Limb Rehabilitation after Stroke: A Systematic Review. *Occup. Ther. Int.* 2023; 2023: 3752889. DOI: 10.1155/2023/3752889
- Rannaud Monany D., Papaxanthis C., Guillot A., Lebon F. Motor imagery and action observation following immobilization-induced hypoactivity: A narrative review. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 2022; 65(4): 101541. DOI: 10.1016/j.rehab.2021.101541
- Nicholson V., Watts N., Chani Y., Keogh J.W. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *J. Physiother.* 2019; 65(4): 200–207. DOI: 10.1016/j.jphys.2019.08.007
- Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б. Зеркальные нейроны. *Патогенез.* 2022; 20(4): 93–98. DOI: 10.25557/2310-0435.2022.04.93-98
- Cuenca-Martínez F., Reina-Varona Á., Castillo-García J., La Touche R., Angulo-Díaz-Parreño S., Suso-Martí L. Pain relief by movement representation strategies: An umbrella and mapping review with meta-meta-analysis of motor imagery, action observation and mirror therapy. *Eur. J. Pain.* 2022; 26(2): 284–309. DOI: 10.1002/ejp.1870
- Mao X., Huang S., Ouyang M., Xie Y., Tan X. Effect of skill proficiency on motor imagery ability between amateur dancers and non-dancers. *Front. Psychol.* 2022; 13: 899724. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.899724
- Lahuerta-Martín S., Llamas-Ramos R., Llamas-Ramos I. Effectiveness of Therapies Based on Mirror Neuron System to Treat Gait in

- Patients with Parkinson's Disease—A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2022; 11(14): 4236. DOI: 10.3390/jcm11144236
- Bezerra P.T., Santiago L.M., Silva I.A., Souza A.A., Pegado C.L., Damascena C.M., Ribeiro T.S., Lindquist A.R. Action observation and motor imagery have no effect on balance and freezing of gait in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2022; 58(5): 715–722. DOI: 10.23736/S1973-9087.22.07313-0
- Nanbancha A., Mawhinney C., Sinsurin K. The effect of motor imagery and action observation in the rehabilitation of lower limb injuries: A scoping review. *Clin. Rehabil.* 2023; 37(2): 145–161. DOI: 10.1177/02692155221123546
- García Carrasco D., Aboitiz Cantalapiedra J. Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurologia.* 2016; 31(1): 43–52. DOI: 10.1016/j.nrl.2013.02.003 (English, Spanish)
- Avan A., Digaleh H., Di Napoli M., Stranges S., Behrouz R., Shojaianbabaie G., Amiri A., Tabrizi R., Mokhber N., Spence J.D., Azarpazhooh M.R. Socioeconomic status and stroke incidence, prevalence, mortality, and worldwide burden: an ecological analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. *BMC Med.* 2019; 17(1): 191. DOI: 10.1186/s12916-019-1397-3
- Benjamin E.J., Muntner P., Alonso A., Bittencourt M.S., Callaway C.W., Carson A.P., Chamberlain A.M., Chang A.R., Cheng S., Das S.R., Delling F.N., Djousse L., Elkind M.S.V., Ferguson J.F., Fornage M., Jordan L.C., Khan S.S., Kissela B.M., Knutson K.L., Kwan T.W., Lackland D.T., Lewis T.T., Lichtman J.H., Longenecker C.T., Loop M.S., Lutsey P.L., Martin S.S., Matsushita K., Moran A.E., Mussolino M.E., O'Flaherty M., Pandey A., Perak A.M., Rosamond W.D., Roth G.A., Sampson U.K.A., Satou G.M., Schroeder E.B., Shah S.H., Spartano N.L., Stokes A., Tirschwell D.L., Tsao C.W., Turakhia M.P., VanWagner L.B., Wilkins J.T., Wong S.S., Virani S.S.; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation.* 2019; 139(10): 56–528. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000659
- Aung N., Hiengkaew V., Tretriluxana J., Bryant M.S., Bovonsunthonchai S. Effectiveness of Motor Imagery Combined with Structured Progressive Circuit Class Training on Functional Mobility in Post-Stroke Individuals: A Randomized Controlled Trial. *J. Rehabil. Med.* 2022; 54: jrm00297. DOI: 10.2340/jrm.v54.1390

References

- Rizzolatti G., Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.* 2004; 27: 169–192. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
- Paravlic A.H. Motor Imagery and Action Observation as Appropriate Strategies for Home-Based Rehabilitation: A Mini-Review Focusing on Improving Physical Function in Orthopedic Patients. *Front. Psychol.* 2022; 13: 826476. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.826476
- GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators. Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2018; 17(11): 939–953. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30295-3
- Terekhina O.L., Kirova Y.I. [Analysis of the causes and approaches to the regulation of the cytotoxic state of microglia in the aging brain]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya [Pathological Physiology and Experimental Therapy]*. 2023; 67(1): 94–109. DOI: 10.25557/0031-2991.2023.01.94-109 (in Russian)
- Machado T.C., Carregosa A.A., Santos M.S., Ribeiro N.M.D.S., Melo A. Efficacy of motor imagery additional to motor-based therapy in the recovery of motor function of the upper limb in post-stroke individuals: a systematic review. *Top Stroke Rehabil.* 2019; 26(7): 548–553. DOI: 10.1080/10749357.2019.1627716
- Aprigio D., Bittencourt J., Ramim M., Marinho V., Brauns I., Fernandes I., Ribeiro P., Velasques B., Silva A.C.A.E. Can mental practice adjunct in the recovery of motor function in the upper limbs after stroke? A systematic review and meta-analysis. *Brain Circ.* 2022; 8(3): 146–158. DOI: 10.4103/bc.bc_28_22
- Ji E.K., Wang H.H., Jung S.J., Lee K.B., Kim J.S., Jo L., Hong B.Y., Lim S.H. Graded motor imagery training as a home exercise program for upper limb motor function in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2021; 100(3): e24351. DOI: 10.1097/MD.00000000000024351

8. Villa-Berges E., Laborda Soriano A.A., Lucha-López O., Tri-cas-Moreno J.M., Hernández-Secorún M., Gómez-Martínez M., Hidalgo-García C. Motor Imagery and Mental Practice in the Sub-acute and Chronic Phases in Upper Limb Rehabilitation after Stroke: A Systematic Review. *Occup. Ther. Int.* 2023; 2023: 3752889. DOI: 10.1155/2023/3752889
9. Rannaud Monany D., Papaxanthis C., Guillot A., Lebon F. Motor imagery and action observation following immobilization-induced hypoactivity: A narrative review. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 2022; 65(4): 101541. DOI: 10.1016/j.rehab.2021.101541
10. Nicholson V., Watts N., Chani Y., Keogh J.W. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *J. Physiother.* 2019; 65(4): 200–207. DOI: 10.1016/j.jphys.2019.08.007
11. Paltsyn A.A., Sviridkina N.B. [Mirror neurons]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2022; 20(4): 93–98 DOI: 10.25557/2310-0435.2022.04.93-98 (in Russian)
12. Cuenca-Martínez F., Reina-Varona Á., Castillo-García J., La Touche R., Angulo-Díaz-Parreño S., Suso-Martí L. Pain relief by movement representation strategies: An umbrella and mapping review with meta-meta-analysis of motor imagery, action observation and mirror therapy. *Eur. J. Pain.* 2022; 26(2): 284–309. DOI: 10.1002/ejp.1870
13. Mao X., Huang S., Ouyang M., Xie Y., Tan X. Effect of skill proficiency on motor imagery ability between amateur dancers and non-dancers. *Front. Psychol.* 2022; 13: 899724. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.899724.
14. Lahuerta-Martín S., Llamas-Ramos R., Llamas-Ramos I. Effectiveness of Therapies Based on Mirror Neuron System to Treat Gait in Patients with Parkinson's Disease-A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2022; 11(14): 4236. DOI: 10.3390/jcm11144236
15. Bezerra P.T., Santiago L.M., Silva I.A., Souza A.A., Pegado C.L., Damascena C.M., Ribeiro T.S., Lindquist A.R. Action observation and motor imagery have no effect on balance and freezing of gait in Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2022; 58(5): 715–722. DOI: 10.23736/S1973-9087.22.07313-0
16. Nanbancha A., Mawhinney C., Sinsurin K. The effect of motor imagery and action observation in the rehabilitation of lower limb injuries: A scoping review. *Clin. Rehabil.* 2023; 37(2): 145–161. DOI: 10.1177/02692155221123546
17. García Carrasco D., Aboitiz Cantalapiedra J. Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: a systematic review. *Neurologia.* 2016; 31(1): 43–52. DOI: 10.1016/j.nrl.2013.02.003 (English, Spanish)
18. Avan A., Digaleh H., Di Napoli M., Stranges S., Behrouz R., Shojaeianbabaei G., Amiri A., Tabrizi R., Mokhber N., Spence J.D., Azarpazhooh M.R. Socioeconomic status and stroke incidence, prevalence, mortality, and worldwide burden: an ecological analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. *BMC Med.* 2019; 17(1): 191. DOI: 10.1186/s12916-019-1397-3
19. Benjamin E.J., Muntner P., Alonso A., Bittencourt M.S., Callaway C.W., Carson A.P., Chamberlain A.M., Chang A.R., Cheng S., Das S.R., Delling F.N., Djousse L., Elkind M.S.V., Ferguson J.F., Fornage M., Jordan L.C., Khan S.S., Kissela B.M., Knutson K.L., Kwan T.W., Lackland D.T., Lewis T.T., Lichtman J.H., Longenecker C.T., Loop M.S., Lutsey P.L., Martin S.S., Matsushita K., Moran A.E., Mussolino M.E., O'Flaherty M., Pandey A., Perak A.M., Rosamond W.D., Roth G.A., Sampson U.K.A., Satou G.M., Schroeder E.B., Shah S.H., Spartano N.L., Stokes A., Tirschwell D.L., Tsao C.W., Turakhia M.P., VanWagner L.B., Wilkins J.T., Wong S.S., Virani S.S.; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart Disease and Stroke Statistics-2019 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation.* 2019; 139(10): 56–528. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000659
20. Aung N., Hiengkaew V., Tretriluxana J., Bryant M.S., Bovonsunthonchai S. Effectiveness of Motor Imagery Combined with Structured Progressive Circuit Class Training on Functional Mobility in Post-Stroke Individuals: A Randomized Controlled Trial. *J. Rehabil. Med.* 2022; 54: jrm00297. DOI: 10.2340/jrm.v54.1390

Сведения об авторах:

Пальцын Александр Александрович — доктор биологических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, главный научный сотрудник лаборатории регуляции репаративных процессов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; <https://orcid.org/0000-0001-9686-8995>

Свиридкина Надежда Борисовна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории регуляции репаративных процессов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»