



Постинсультные синкинезии: клинико-реабилитационные аспекты. Обзор

Петров К.Б.* , Митичкина Т.В.

Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Новокузнецк, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Непроизвольные содружественные движения (синкинезии) часто развиваются у постинсультных больных. В России, согласно классификации Мари — Фуа, их подразделяют на глобальные, имитационные и координаторные, а в англоязычной литературе применяют термины «двигательная иррадиация», «моторное переполнение», «зеркальные движения», «аномальная связь» и др. Несмотря на попытки использовать синкинезии для восстановления функции паретичных конечностей, их реабилитационное значение до сих пор недостаточно исследовано.

ЦЕЛЬ. На основании данных литературы изучить особенности патологических синкинезий у постинсультных больных, а также оценить возможность их применения для оптимизации методов реабилитации (кинезитерапии).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Библиографический поиск осуществлялся в базах данных PubMed, Web of Science и Scopus. Были использованы следующие ключевые слова: global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation. Основное внимание уделено англоязычным контролируемым рандомизированным исследованиям и обзорам за последние 20 лет. Всего проанализировано 152 источника, 77 из них соответствовали заранее определенным критериям и были отобраны для составления описательного обзора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенный анализ литературы убеждает, что основа традиционной классификации постинсультных синкинезий Мари — Фуа должна быть сохранена, однако к ней необходимы некоторые дополнения. Надлежит учитывать следующие виды постинсультных синкинезий: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Помимо кинезитерапии с помощью проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, их можно использовать в методиках функциональной электростимуляции, билатеральной тренировки, зеркальной терапии, ограничительной терапии по Таубу и др. Наибольшую реабилитационную ценность представляют координаторные и аномальные синкинезии. В резидуальном периоде инсульта сохраняющиеся аномальные синкинезии могут ограничивать произвольную моторику и требуют инактивации. При этом рекомендуются ортопедическая фиксация, рефлексозапрещающие положения, терапия по Перфетти, использование роботизированных тренажеров на основе биологической обратной связи и виртуальной реальности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Традиционная классификация постинсультных двигательных синкинезий Мари — Фуа не имеет альтернатив, однако нуждается в дополнении. Целесообразно выделять следующие синкинезии: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Наиболее ценным материалом для методик кинезитерапии являются координаторные и аномальные синкинезии. В резидуальном периоде инсульта сохранившиеся аномальные синкинезии ограничивают произвольную моторику и требуют инактивации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глобальные синкинезии, имитационные синкинезии, координаторные синкинезии, проприоцептивное нервно-мышечное облегчение, реабилитация

Для цитирования / For citation: Петров К.Б., Митичкина Т.В. Постинсультные синкинезии: клинико-реабилитационные аспекты. Обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> [Petrov K.B., Mitichkina T.V. Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Петров Константин Борисович, E-mail: kon3048006@yandex.ru, postmaster@ngiuv.ru

Статья получена: 04.06.2024
Статья принята к печати: 16.09.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review

 Konstantin B. Petrov*,  Tatiana V. Mitichkina

Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Novokuznetsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Involuntary associated movements (synkinesis) are a common occurrence in post-stroke patients. In Russia, the Marie-Foy classification subdivides these movements into global, imitative, and coordinator types. In the English-language literature, they are referred to as “motor irradiation,” “motor overflow,” “mirror movements,” “abnormal communication,” and others. Despite attempts to utilize synkinesis as a means of restoring function in paretic limbs, their rehabilitative value is still insufficiently investigated.

AIM. Based on literature data, to study the features of pathological synkinesis in post-stroke patients, and to evaluate the possibility of their use to optimize rehabilitation methods (kinesitherapy).

MATERIALS AND METHODS. The bibliographic search was carried out in PubMed, Web of Science, and Scopus databases. The following keywords were used: global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation. The review focused on English-language controlled randomized trials and reviews over the past 20 years. A total of 152 sources were reviewed, 77 of which met predefined criteria and were selected for the narrative review.

RESULTS AND DISCUSSION. The analysis of the literature indicates that basic traditional classification of post-stroke Marie-Foy synkinesis should be preserved, but this requires some additions. The following types of post-stroke synkinesis should be considered: global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous. In addition to kinesiotherapy via proprioceptive neuromuscular facilitation, these techniques can be employed in conjunction with various other methods, including functional electrical stimulation, bilateral training, mirror therapy, Taub restrictive therapy, and others. Coordinating and abnormal synkinesis have the greatest rehabilitation value. In the residual period of a stroke, persistent abnormal synkinesis may limit voluntary motor skills and requires inactivation. In this case, orthopaedic fixation, reflex-suppressive positions, Perfetti therapy, biofeedback and virtual reality robotic simulators are recommended.

CONCLUSION. The traditional Marie-Foy classification of post-stroke motor synkinesis has no alternatives but needs to be supplemented. It is advisable to distinguish the following types of synkinesis: global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous global, respiratory-brachial, imitation, coordinator and anomalous. The most valuable material for kinesiotherapy techniques is coordination and anomalous synkinesis. In the residual period of stroke, the remaining abnormal synkinesis limits voluntary motor activity and requires inactivation.

KEYWORDS: global synkinesis, imitative synkinesis, coordination synkinesis, PNF, rehabilitation

For citation: Petrov K.B., Mitichkina T.V. Post-Stroke Synkinesis: Clinical and Rehabilitation Aspects. A Review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025; 24(1):75–83. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-75-83> (In Russ.).

* **For correspondence:** Konstantin B. Petrov, E-mail: kon3048006@yandex.ru, postmaster@ngiuv.ru

Received: 04.06.2024

Accepted: 16.09.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт является ведущей причиной смерти во всем мире, унося ежегодно около 5,5 млн жизней [1]. Прогнозируется, что к 2030 г. заболеваемость ишемическим инсультом на планете увеличится до 89,32 случаев на 100 000 населения [2]. От четверти до половины населения земного шара (от 24 % до 49 %), пережившего инсульт, имеет ту или иную степень инвалидности [3]. Таким образом, реабилитация постинсультных больных — одна из наиболее актуальных медицинских проблем.

Основные направления отечественного восстановительного лечения при остром нарушении мозгового кровообращения традиционно включают методики обучения пациентов элементарным двигательным функциям и навыкам (повороты в кровати, сидение, стояние, ходьба, пользование средствами гигиены и столовыми приборами) [4], что часто реализуется при помощи технических приспособлений, таких как роботизированная механотерапия, аппаратная вертикализация, биологическая обратная связь и т. п. [5]. Однако в условиях грубой гемиплегии, когда утрачены простейшие движения типа сгибания или разгибания конечности, эти слож-

ные и дорогие методики не всегда эффективны. В этой связи крайне актуально ознакомить врачей лечебной физкультуры, кинезитерапевтов, а также смежных специалистов с особенностями клинических проявлений различных содружественных движений в паретичных конечностях, а также с принципами их использования в реабилитационном процессе.

Известно, что при остром нарушении мозгового кровообращения в заинтересованных конечностях помимо нарушения произвольной моторики развивается гипотония и арефлексия. В течение нескольких дней эти симптомы постепенно сменяются спастичностью, патологическими рефлексиями, клонусами и синкинезиями [6–11].

Термин «синкинезия» был предложен Пьером Мари и Шарлем Фуа в 1916 г. [12]. Они разработали классификацию, включающую глобальные, имитационные и координаторные синкинезии. Глобальные синкинезии (ГС) обычно появляются первыми на фоне тяжелого моторного дефицита, сопровождаются выраженным гипертонусом мышц и часто перерастают в контрактуры [11, 13]. Имитационные синкинезии (ИС) характери-

зуются непроизвольным повторением движений здоровых конечностей парализованными гомологами [14]. Координаторные синкинезии (КС) представляют собой автоматизированные сокращения парализованных мышц при выполнении целенаправленных действий сохранными мышцами конечностей или туловища [13].

Сигне Бруннстрем [15–17] описала семь стадий восстановления моторики после инсульта:

- 1) гипотония мышц;
- 2) появление спастичности;
- 3) на фоне спастичности формируются синкинезии;
- 4) выраженность спастичности и синкинезий уменьшается, возникают первые произвольные движения;
- 5) пациент получает произвольный контроль над спастичностью и синкинезиями;
- 6) спастичность исчезает;
- 7) координация движений приближается к нормальной, функция восстанавливается.

Пациенты могут проходить через эти стадии с разной скоростью, но всегда последовательно и без пропусков, однако выздоровление может остановиться на любом из этапов [18].

Ранее мы провели анализ двигательных автоматизмов челюстно-лицевой области [19], а также патологических кистевых и стопных рефлексов [20] при заболеваниях нервной системы. Он показал, что эти содружественные движения могут быть успешно использованы при разработке методов кинезитерапии двигательных расстройств. В данной работе мы продолжаем исследование этой темы.

ЦЕЛЬ

На основании данных литературы изучить особенности патологических синкинезий у постинсультных больных, а также оценить возможность их применения для оптимизации методов реабилитации (кинезитерапии).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Библиографический поиск осуществлялся в базах данных PubMed, Web of Science и Scopus. Были использованы следующие ключевые слова: *global synkinesis, mirror synkinesis, motor irradiation, abnormal coactivation, PNF, rehabilitation*. Основное внимание уделено англоязычным контролируемым рандомизированным исследованиям и обзорам за последние 20 лет. Всего проанализировано 152 источника, 77 из них соответствовали заранее определенным критериям и были отобраны для составления описательного обзора.

Клинико-патогенетическая характеристика синкинезий

В современных англоязычных источниках понятие «синкинезия» (*synkinesis*) чаще используется для описания осложнений паралича Белла [21], а содружественные движения, вызванные поражением центральной нервной системы, обычно называются двигательной иррадиацией (*motor irradiation*) [22], двигательным переполнением (*motor overflow*) [23], зеркальными движениями (*mirror movements*) [11], аномальной коактивацией (*abnormal coactivation*) [24] или аномальной связью (*abnormal coupling*) [25]. Однако эти дефиниции не соответствуют классификации Мари — Фуа, что затрудняет анализ литературы.

Глобальные синкинезии (ГС)

ГС встречаются у 40–90 % пациентов, перенесших инсульт [26]. Они возникают только при выраженной спастичности и исчезают по мере восстановления мышечного тонуса (3–4-я стадия восстановления моторики после инсульта по С. Бруннстрем). ГС провоцируются сильным и длительным напряжением мышц (особенно проксимальных сгибателей [11, 22, 27]) здоровой стороны тела, туловища или шеи, а также под воздействием болевых раздражителей или интенсивного сжатия кисти или стопы. При этом парализованные конечности принимают характерную позу Вернике — Мана. Сила и амплитуда рефлекторного сокращения мышц при ГС равны или превышают произвольное сокращение. Все ГС имеют латентный период в несколько секунд и обладают тоническим характером. Разгибательные формы ГС чаще встречаются в согнутых конечностях, а сгибательные — в разогнутых [11, 13].

Клинические наблюдения и данные функциональной магнитно-резонансной томографии [13, 28] указывают на преобладающую активность контралатеральной премоторной области при ГС, также обсуждается их подкорковое происхождение [29].

Респираторно-брахиальные синкинезии

Респираторно-брахиальные синкинезии (РБС) — это непроизвольные движения, возникающие в результате таких спонтанных реакций, как глубокий вздох, кашель, зевота, чихание, смех, плач и потягивание. Эти проявления часто отождествляют с ГС, однако некоторые характерные особенности позволяют выделить их в отдельную группу.

РБС чаще всего наблюдаются в парализованной руке, в отличие от ГС они имеют клонический характер и могут появиться уже в первые сутки после инсульта на фоне гипотонии и арефлексии [13]. В англоязычной литературе их часто называют *Parakinesia Brachialis*. Отечественные неврологи хорошо знакомы с респираторно-мануальной синкинезией Боголепова (при кашле или глубоком вдохе наблюдается отведение паретичной руки, разведение пальцев кисти, оппозиция большого пальца) и синкинезией Галла (сгибание бедра и голени паретичной ноги в ответ на чихание, смех, плач, форсированное дыхание) [30].

РБС не зависят от уровня сознания и степени произвольной активности пораженной конечности. Начало дыхательного пароксизма сопровождается подъемом и часто отведением руки в плечевом суставе с полусогнутым или полностью разогнутым предплечьем. Иногда это сопровождается крупноразмашистым тремором. Пальцы обычно разогнуты и разведены, но могут быть сжаты в кулак. После окончания приступа конечность падает под собственным весом. В положении лежа на спине нога нередко может подниматься вместе с рукой. У некоторых пациентов аналогичная реакция вызывается ходьбой [31–36].

В нашей предыдущей работе [19] мы уже отмечали, что лицо, шея и рука значительно сильнее, чем другие части тела, вовлечены в разнообразные ствольные и подкорковые автоматизмы. Клинические и фармакологические исследования связывают дыхательные пароксизмы с гипоталамусом, который в свою очередь имеет проекции к продолговатому мозгу, мосту и шейному утолщению,

иннервирующему руку [36]. Зевоту можно рассматривать как примитивный вид дыхания, который, например у рыб, тесно связан с движениями передней части тела и плавников — будущих конечностей. В условиях диашиза эти древние связи растормаживаются [33, 37]. Интероцептивные РБС часто исчезают при формировании проприоцептивных содружественных движений [13].

Имитационные синкинезии (ИС)

ИС копируют волевые действия контралатеральной конечности, преобладавая в ее дистальных отделах, но могут быть и односторонними [11]. Гомолатеральные ИС возникают на стороне гемипареза, где активные движения, например кисти, вызывают немедленный зеркальный рефлекторный ответ в стопе [28, 38, 39]. Двусторонние ИС могут быть инициированы в одной или обеих паретичных конечностях активностью одной или обеих здоровых конечностей. Это может привести как к билатеральным, так и к диагональным сочетаниям [40]. Примером является синкинезия Стерлинга: активное приведение здорового плеча вызывает приведение или вращение внутрь парализованной руки у пациента со спастическим гемипарезом [30].

ИС появляются после регресса диашиза в начале второй стадии восстановления моторики по С. Бруннстрем и могут сохраняться от нескольких дней до нескольких недель. В отличие от ГС, двусторонние ИС развиваются на фоне умеренной спастичности и не приводят к тоническим задержкам. Кисть или стопа не застывают в приобретенной позе, а быстро возвращаются в исходное положение. При ИС реакция на больной стороне может опережать активные движения и зависит от исходной позы. Например, синкинезия проявляется при пронированном предплечье и замедляется в условиях супинации [13].

Известно, что для реализации ИС необходимы нарушения афферентной иннервации, возникающие при поражении теменной коры (особенно справа), таламуса, внутренней капсулы, мозжечка и задних столбов [11, 41, 42]. Истинные ИС следует отличать от заместительной и компенсаторной активности в здоровых конечностях, которая возникает при попытке двигать парализованной (ампутированной) рукой или ногой [14, 43]. Также описаны врожденные зеркальные синкинезии [44].

Координаторные синкинезии (КС)

КС возникают на фоне гиперрефлексии и спастичности. Важно, чтобы хотя бы часть мышц паретичной конечности обладала способностью к произвольной активности [45]. Все эти условия обычно создаются на 3–4-й стадии восстановления моторики после инсульта по С. Бруннстрем.

КС предшествуют защитные рефлексы. Например, если в первые дни после инсульта на укол подошвы возникает защитный рефлекс в виде сгибания ноги и супинации стопы, то впоследствии при попытке согнуть конечность в тазобедренном суставе развивается реакция тройного укорочения, инициируемая раздражением проприорецепторов подвздошно-поясничной мышцы [13].

В рамках клинической неврологии описаны различные варианты КС [30]: брахиорадиальная, плече-пальцевая [45], пальце-локтевая [46], большого и указательного пальцев [47], абдукторная синкинезия Мари, аб-

дукторная и аддукторная синкинезии Раймиста, перекрестная разгибательная синкинезия Филиппсона, синкинезии Сукэ, Логре, Бабинского, Гувера, Нери и др. [48]

Для реализации КС необходимо наличие неравномерного пареза конечностей, который усиливается в дистальном направлении. Это объясняется нейроанатомически. Все церебральные нисходящие двигательные пути в спинном мозге объединяются в две системы: латеральную и медиальную. Латеральная система включает перекрещенный пирамидный и руброспинальный тракты (последний у человека не развит) и обеспечивает корковую (сознательную) иннервацию преимущественно дистальных мышц конечностей. В медиальную систему, помимо неперекрещенного пирамидного пути, включены ретикулоспинальный и вестибулоспинальный тракты, которые передают неосознанные (автоматизированные) двигательные реакции для мышц туловища, шеи и верхних сегментов конечностей. При полушарном инсульте в первую очередь страдает более длинная латеральная система, в то время как медиальная остается относительно неповрежденной, что приводит к преобладанию дистальных парезов [6, 45].

У многих пациентов, перенесших инсульт, синкинетические реакции не сопровождаются видимыми движениями конечностей, однако предпосылки к ним всегда присутствуют на субклиническом уровне. Электромиографические исследования показывают, что максимальное произвольное сокращение мышц плеча здоровой руки вызывает увеличение биоэлектрической активности как в нижней конечности на той же стороне, так и в обеих паретичных конечностях [49]. При этом наиболее сильные содружественные реакции инициируются противоположными проксимальными сгибателями [22, 45, 47]. Этот факт обосновывает использование проксимальных гомо- и контралатеральных синергистов для активации паретических мышц.

Аномальные синкинезии (АС)

Аномальные синкинезии (АС) наблюдаются во время восстановления произвольных движений у постинсультных пациентов, когда они пытаются стоять, передвигаться и манипулировать предметами. Источниками АС могут быть «осколки» ГС, ИС или КС [11, 25], а также двигательные автоматизмы, порожденные aberrантной пластичностью центральной нервной системы [50–52]. Как правило, АС существенно ограничивают активность пациентов, однако в определенных случаях они могут обладать реабилитационным потенциалом [53, 54].

Нужно отметить, что даже после инсульта средней тяжести восстановление произвольной моторики далеко от нормы. Большинство исследователей отмечает, что из-за уменьшения числа нисходящих путей вновь обретенные двигательные стереотипы характеризуются сокращением числа ранее доступных синергий [55–57]. Например, здоровые люди при ходьбе используют не менее четырех мышечных синергий, в то время как в паретичной нижней конечности это число может снизиться до двух [58].

Биомеханические и электромиографические исследования показывают, что у больных с АС при ходьбе разгибание бедра часто вызывает его рефлекторную внутреннюю ротацию, экстензию голени, подошвенную

флексию и пронацию стопы [24, 59], сгибание же бедра, наоборот, провоцирует его наружную ротацию и отведение, сгибание голени, тыльную flexию и супинацию стопы [53, 59]. При попытке отвести плечо (особенно при наличии внешнего сопротивления) активируются супинаторы и сгибатели предплечья, а также сгибатели кисти и пальцев. Аналогичное приведение плеча способствует пронации и разгибанию предплечья и кисти, а также сгибанию пальцев [25, 45, 56, 60–62]. У некоторых пациентов с АС наблюдаются одновременные сокращения синергистов и антагонистов, например, попытка разогнуть пальцы кисти вызывает произвольное сокращение их сгибателей [63]. Считается, что наибольший вклад в такие аномальные коактивации вносят двусуставные мышцы: длинная головка бицепса, плечелучевая, икроножная и ишиокруральные [24, 45, 60]. Обычно АС наблюдаются в пределах одной конечности.

На основе клинического опыта С. Бруннстрем [17, 64] предложила объединить все часто встречающиеся в рамках АС движения на верхних и нижних конечностях в два паттерна — сгибательную и разгибательную синергии. Их проксимальные компоненты обычно осуществляются произвольно, а дистальные — активируются рефлекторным путем.

Сгибательная синергия руки — подъем лопатки, отведение и наружная ротация плеча, супинация и сгибание до острого угла предплечья, сгибание кисти и пальцев.

Разгибательная синергия руки — опускание лопатки, сгибание, приведение и внутренняя ротация плеча, разгибание и пронация предплечья, сгибание кисти и пальцев.

Сгибательная синергия ноги — отведение и наружная ротация бедра, сгибание голени, тыльная flexия и супинация стопы, а также разгибание и веерообразное разведение пальцев.

Разгибательная синергия ноги — разгибание, приведение и внутренняя ротация бедра, разгибание голени, подошвенная flexия стопы и пальцев.

Роль синкинезий в реабилитационном процессе

Двигательные синкинезии, проявляющиеся явно или в скрытой форме, давно используются в медицинской практике. Они особенно полезны в методах кинезитерапии, основанных на принципе проприоцептивного нервно-мышечного облегчения: сокращение более сильной проксимальной мускулатуры вызывает активность парализованных дистальных мышц [29, 51].

Однако реабилитационная ценность различных синкинезий неоднозначна. РБС, ГС и ИС обычно наблюдаются в острый период инсульта у пациентов с тяжелым соматическим состоянием, они часто затормаживаются при попытке повторного их воспроизведения. РБС присущ недостаток всех физических реакций: из-за малой продолжительности и быстрого истощения они оказывают слабое стимулирующее влияние на центры паретичных мышц [19]. ГС практически не способствуют отведению плеча, супинации предплечья и сгибанию ноги и могут привести к контрактуре Вернике — Мана. Спонтанные ИС встречаются редко и не сохраняются надолго.

Таким образом, для методик проприоцептивного нервно-мышечного облегчения наиболее перспектив-

ным материалом остаются КС и АС. В первом случае кинезитерапевт должен уметь выявить у больного хотя бы минимальные проявления какой-либо из КС, во втором — можно использовать стандартные синергии по С. Бруннстрем.

Принцип проприоцептивного нервно-мышечного облегчения предполагает выделение так называемых сильных компонентов движения в рамках конкретных синкинезий или синергий. Обычно они сводятся к приведению (реже отведению), сгибанию и внутренней ротации бедра или плеча, разгибанию голени, пронации и сгибанию предплечья. Выполняя их с напряжением или против внешнего сопротивления, можно значительно облегчить сокращение паретичной мускулатуры [45, 54]. Например, при использовании в качестве основы для реабилитации синкинезии Сукэ противодействие сгибанию и отведению плеча облегчает разведение и разгибание пальцев; препятствование flexии бедра в рамках сгибательной синергии ноги способствует тыльному сгибанию и супинации стопы, а также разгибанию пальцев.

Кроме проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, эффективным способом активации мышц через содружественные реакции является функциональная электростимуляция. Наиболее успешное применение этого метода достигается при ходьбе пациентов по тредбану с частичной разгрузкой веса тела [65]. Также возможно использование функциональной электростимуляции в пределах одной конечности [66, 67].

Наличие устойчивых межконечностных взаимосвязей в рамках ГС, ИС и КС обосновывает применение билатеральных тренировок [49]. Этот принцип реализуется в методе зеркальной терапии и при занятиях на роботизированных велотренажерах. Имеются данные о том, что контралатеральная чрескожная электронейростимуляция нервов, электропунктура или анестезия здоровой руки улучшают ловкость паретичной руки путем снижения транскаллезного торможения [68–70].

Использование синкинезий и синергий эффективно только при полном параличе в дистальных сегментах конечностей. Как только мышцы, подлежащие реабилитации, начинают проявлять хотя бы минимальное произвольное усилие, следует перейти к традиционным упражнениям без нагрузки, с частичным противодействием и т. д. Также в этом случае эффективны метод Перфетти и ограничительная терапия по Таубу [71].

Двигательная реабилитация — диалектический процесс. Когда физические возможности больного достигают 4-й стадии по С. Бруннстрем, АС из помощника кинезитерапевта превращаются в фактор, существенно ограничивающий произвольную моторику, и подлежат инактивации. Для их устранения используются следующие методы: сознательное подавление синкинезий; ортопедическая фиксация с помощью лонгет, эластичного бинта или ортопедической обуви одного или двух суставов; специальные противосодружественные упражнения, направленные на разрушение патологического стереотипа [72]. Например, для устранения сгибательной синергии в руке инструктор постепенно увеличивает нагрузки на отведение плеча [73]. В случае АС в паретичной ноге практикуется функциональная ходьба с одновременной манипуляцией предметами, чтением газеты, ударами ногой по мячу и т. п. Также ре-

комендуются занятия на эллиптическом тренажере или степпере [74].

При тренировке нижней конечности на стороне гемипареза, чтобы избежать усиления сгибательно-приводящей реакции в гомолатеральной руке, ей необходимо придать положение полусгибания и полупронации. При аналогичных нагрузках на руку, гомолатеральное бедро должно быть отведено кнаружи, а голень согнута до тупого угла [75]. Рекомендуется избегать напряжения или растяжения двух- и многосуставных мышц [76]. В постинсультной реабилитации полезно использовать метод Перфетти и роботизированные тренажеры на основе биологической обратной связи и виртуальной реальности [70]. Залогом успешного восстановления является продолжительность тренировок не менее 45–60 минут в день [77].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У людей, перенесших инсульт, часто возникают произвольные содружественные движения (синкинезии). Мы провели анализ мировой литературы с целью дать им клинично-патогенетическую характеристику и оценить возможность их использования для улучшения методов реабилитации. За основу была взята классификация Мари — Фуа (1916), которая делит синкинезии на глобальные, имитационные и координаторные. Однако мы обнаружили, что в современной англоязычной литературе эти термины практически не применяются, вместо них используются такие определения, как «двигательная иррадиация», «моторное переполнение», «зеркальные движения», «аномальная связь» и другие, что затруднило анализ литературных данных. Тем не менее мы пришли к выводу, что классификация Мари — Фуа остается наилучшим вариантом благодаря своей ясности и патогенетической направленности, однако она требует некоторых дополнений. Мы считаем целесообразным учитывать следующие варианты двигательных синкинезий:

1. ГС возникают на фоне сильной спастичности и вызываются значительным напряжением мышц здоровой стороны тела. Все ГС имеют тонический характер, а парализованные конечности, в которых они возникают, часто принимают типичную позу Вернике — Мана. Сила и амплитуда рефлекторного сокращения мышц при ГС обычно равны или даже превышают запускающее их произвольное сокращение.

2. РБС возникают при глубоком вдохе, кашле, зевоте или чихании. Они чаще проявляются в парализованной руке, имеют физический характер и могут возникать при мышечной гипотонии. Обычно дыхательный пароксизм сопровождается поднятием плеча. В положении лежа на спине нога может подниматься вместе с рукой.

3. ИС копируют волевые движения другой конечности, расположенной как гомо-, так и контралатерально гемипарезу. Нередко они распространяются на обе паретичные конечности. ИС появляются после уменьшения диализа, могут сохраняться от нескольких дней до нескольких недель и не склонны к тоническим задержкам. Для их проявления необходимо наличие нарушения афферентной иннервации (поражение теменной коры, таламуса, внутренней капсулы, мозжечка, задних столбов).

4. КС развиваются в дистальных сегментах паретичной конечности, сочетаясь с гиперрефлексией и спа-

стичностью. Непременным условием для их реализации является неравномерность пареза конечности, который усиливается в дистальном направлении. Электромиографические исследования подтверждают целесообразность использования проксимальных гомо- и контралатеральных синергистов для активации паретичных мышц.

5. АС наблюдаются в фазе восстановления произвольной моторики. Их источниками являются остаточные проявления ГС, ИС или КС, а также содружественные движения, вызванные аберрантной нейропластичностью. Типичные для верхней и нижней конечности АС объединяются в две группы, называемые сгибательной и разгибательной синергиями. Их проксимальные компоненты обычно выполняются произвольно, а дистальные активируются рефлекторным путем.

Двигательные синкинезии давно пытаются использовать при кинезитерапии парезов и параличей. Однако их реабилитационная ценность не одинакова. РБС, ГС и ИС обычно наблюдаются у пациентов с тяжелым соматическим состоянием и не всегда могут быть воспроизведены стабильно. К тому же РБС быстро истощаются; ГС не способствуют отведению плеча, супинации предплечья и сгибанию ноги, а также могут привести к контрактурам; ИС встречаются редко и не сохраняются надолго. Поэтому наиболее перспективными для методик проприоцептивного нервно-мышечного облегчения являются КС и АС.

Кроме проприоцептивного нервно-мышечного облегчения, эффективными методами активации мышц через содружественные реакции являются функциональная электростимуляция, билатеральные тренировки, зеркальная терапия, ограничительная терапия по Таубу и др.

АС, самопроизвольно не угасшие в поздний и резидуальный периоды инсульта, могут ограничивать произвольную моторику и требуют инактивации. В таких случаях рекомендуется избегать напряжения или растяжения двух- и многосуставных мышц, использовать ортопедическую фиксацию и рефлексозапрещающие положения конечностей, а также применять терапию по методу Перфетти и роботизированные тренажеры.

Ограничение исследования

Следует подчеркнуть, что описанные содружественные движения являются синдромами полушарных поражений. Оправдано их использование при реабилитации последствий острого нарушения мозгового кровообращения или черепно-мозговой травмы, однако данный подход совершенно не применим, например, при спинальной спастической параплегии или вялых параличах любой этиологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционная классификация постинсультных двигательных синкинезий Мари — Фуа не имеет альтернатив, однако нуждается в дополнении. Целесообразно выделять следующие синкинезии: глобальные, респираторно-брахиальные, имитационные, координаторные и аномальные. Наиболее ценным материалом для методик кинезитерапии являются КС и АС. В резидуальный период инсульта сохранившиеся АС ограничивают произвольную моторику и требуют инактивации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Петров Константин Борисович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

E-mail: 79059109919@yandex.ru, postmaster@ngiu.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>

Митичкина Татьяна Викентьевна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры лечебной физкультуры и физиотерапии, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6510-0369>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Петров К.Б. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи, руководство проектом; Митичкина Т.В. — обеспечение материалов для исследования. **Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Konstantin B. Petrov, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Physical Therapy, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

E-mail: 79059109919@yandex.ru, postmaster@ngiu.ru;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6246-8811>

Tatiana V. Mitichkina, Ph.D. (Med.), Docent, Assistant Professor at the Department of Physical Therapy, Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians — Branch Campus of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6510-0369>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Petrov K.B. — writing — original draft, writing review and editing, project administration; Mitichkina T.V. — resources.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Ключихина О.А., Шпрах В.В., Стаховская Л.В. и др. Показатели заболеваемости инсультом и смертности от него на территориях, вошедших в Федеральную программу реорганизации помощи пациентам с инсультом. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2021; 121(3–2): 22–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112103222> [Klochihina O.A., Shprakh V.V., Stakhovskaya L.V. et al. Indicators of stroke morbidity and mortality from stroke in the territories included in the Federal program of caring for patients with stroke. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021; 121(3–2): 22–28. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112103222> (In Russ.).]
2. Pu L., Wang L., Zhang R. et al. Projected Global Trends in Ischemic Stroke Incidence, Deaths and Disability-Adjusted Life Years From 2020 to 2030. Stroke. 2023; 54(5): 1330–1339. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.122.040073>
3. Carmo J.F., Morelato R.L., Pinto H.P. et al. Disability after stroke: a systematic review. Fisioterapia Em Movimento. 2015; 28(2): 407–418. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.028.002.AR02>
4. Соломченко М.А., Головкин Д.И. Применение средств лечебной физической культуры при лечении больных инсультом. Ученые записки Орловского Государственного Университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2012; 1: 388–395. [Solomchenko M.A., Golovkin D.I. Application of means of medical physical training for rehabilitation of patients with a stroke. Scientific notes of Orel State University. Series: Humanities and social sciences. 2012; 1: 388–395 (In Russ.).]
5. Сидякина И.В., Воронова М.В., Снопков П.С. и др. Современные методы реабилитации постинсультных больных. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2014; 114(12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> [Sidiakina I.V., Voronova M.V., Snopkov P.S. et al. Methods of rehabilitation for poststroke patients. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2014; 114(12–2): 76–80. <https://doi.org/10.17116/jnevro201411412276-80> (In Russ.).]
6. Li S. Spasticity, Motor Recovery, and Neural Plasticity after Stroke. Frontiers in Neurology. 2017; 8: 120. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00120>
7. Sunnerhagen K.S., Opheim A., Alt Murphy M. Onset, time course and prediction of spasticity after stroke or traumatic brain injury. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019; 62(6): 431–434. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.04.004>
8. Trompetto C., Marinelli L., Mori L. et al. Pathophysiology of Spasticity: Implications for Neurorehabilitation. BioMed Research International. 2014; 354906. <https://doi.org/10.1155/2014/354906>
9. Ko H.Y. Revisit Spinal Shock: Pattern of Reflex Evolution during Spinal Shock. Korean Journal of Neurotrauma. 2018; 14(2): 47–54. <https://doi.org/10.13004/kjnt.2018.14.2.47>
10. Sheean G. The pathophysiology of spasticity. European Journal of Neurology. 200; 9: 53–61. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1003.x>
11. Boissy P., Bourbonnais D., Kaegi C. et al. Characterization of global synkineses during hand grip in hemiparetic patients. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1997; 78(10): 1117–1124. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(97\)90138-6](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(97)90138-6)

12. Marie P, Foix C. Les syncinésies des hémiplégiques: étude sémiologique et classification. *Revue Neurologique* (Paris). 1916; 29: 3–27.
13. Боголепов Н.К. Нарушения двигательных функций при сосудистых поражениях головного мозга. Москва: МЕДГИЗ. 1953; 401 с. [Bogolepov N.K. Disruptions of the elevator functions in the concomitant defeats of the human brain. Moscow: MEDGIZ. 1953; 401 p. (In Russ.)]
14. Архипов Б.А. Синкинезии. Ассоциация специалистов сенсорной интеграции. Доступно на: <http://sensint.ru/articles/baarhipov-2002g-sinkinezii> (Дата обращения: 05.04.2024) [Arkhipov B.A. Synkinesias. Association of Sensory Integration Specialists. Available at: <http://sensint.ru/articles/baarhipov-2002g-sinkinezii> (Accessed: 05.04.2024) (In Russ.)]
15. Brunnstrom Movement Therapy. *Physiopedia*. (Accessed: 05.04.2024). Available at: https://www.physio-pedia.com/Brunnstrom_Movement_Therapy?utm_source=physiopedia&utm_medium=related_articles&utm_campaign=ongoing_internal
16. What are the Brunnstrom Stages of Stroke Recovery? *Neofect*. (Accessed: 05.04.2024). Available at: <https://www.neofect.com/us/blog/understanding-the-brunnstrom-stages-of-stroke-recovery>
17. Houglum P.A., Bertoti D.B. *Brunnstrom's Clinical Kinesiology*. 6th Ed. Philadelphia, 2012. 744 p.
18. Brunnstrom S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Physical Therapy*. 1966; 46(4): 357–375. <https://doi.org/10.1093/ptj/46.4.357>
19. Петров К.Б., Ивонина Н.А., Митичкина Т.В. Двигательные автоматизмы челюстно-лицевой области: лекция. *Вестник восстановительной медицины*. 2022; 21(6): 145–155. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-145-155> [Petrov K.B., Ivonina N.A., Mitichkina T.V. Motoric Automatism of the Maxillofacial Region: a Lecture. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21(6): 145–155. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-6-145-155> (In Russ.)]
20. Петров К.Б., Митичкина Т.В., Ивонина Н.А. Патологические рефлексы и их реабилитационное значение: краткое сообщение. *Коморбидная неврология*. 2024; 1(1): 88–92. [Petrov K.B., Mitichkina T.V., Ivonina N.A. Abnormal Reflexes and their Rehabilitation Significance: Short Communication. *Comorbidity Neurology*. 2024; 1(1): 88–92 (In Russ.)]
21. Pashov A. Paradigm shift in rehabilitation of long-standing Bell's palsy during later stages of recovery. *Fundamental and applied research in practice of leading scientific schools*. 2018; 2(26): 294–298.
22. Hwang I.S., Tung L.C., Yang J.F. et al. Analyses of Global Synkinesis in the Paretic Upper Limb After Stroke. *Physical Therapy*. 2005; 85(8): 755–765. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.8.755>
23. Cleland B.T., Madhavan S. Motor overflow in the lower limb after stroke: Insights into mechanisms. *European Journal of Neuroscience*. 2022; 56(4): 4455–4468. <https://doi.org/10.1111/ejn.15753>
24. Dyer J.O., Maupas E., Melo S.deA. et al. Abnormal coactivation of knee and ankle extensors is related to changes in heteronymous spinal pathways after stroke. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2011; 8(41): 2–13. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-41>
25. Santello M., Lang C.E. Are movement disorders and sensorimotor injuries pathologic synergies? When normal multi-joint movement synergies become pathologic. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015; 8: 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01050>
26. Kim Y.H., Jang S.H., Chang Y. et al. Bilateral primary sensori-motor cortex activation of post-stroke mirror movements: an fMRI study. *NeuroReport*. 2003; 14(10): 1329–1332. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000078702.79393.9b>
27. Kang J., Kim H., Jeong D. Correlation between Affected Arm Muscle Activity and Global Synkinesis in Patients with Stroke. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2019; 10(3): 1856–1861.
28. Salardini A., Narayanan N.S., Arora J. et al. Ipsilateral synkinesis involves the supplementary motor area. *Neuroscience Letters*. 2012; 523(2): 135–138. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.06.060>
29. Chen Y.T., Li S., Magat E. et al. Motor Overflow and Spasticity in Chronic Stroke Share a Common Pathophysiological Process: Analysis of Within-Limb and Between-Limb EMG-EMG Coherence. *Frontiers in Neurology*. 2018; 9: 795. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00795>
30. Никифоров А.С. *Неврология. Полный толковый словарь*. Москва: Эксмо, 2010. 464 с. [Nikiforov A.S. *Neurology: a complete explanatory dictionary*. Moscow: Eksmo, 2010. 464 p. (In Russ.)]
31. Farah M., Barcellos I., Boschetti G. et al. Parakinesia Brachialis Oscitans: A Case Report. *Movement*. 2015; 2(4): 436–437. <https://doi.org/10.1002/mdc3.12234>
32. Koo B., Wang E. Parakinesia Brachialis Oscitans after an Acute Internal Capsule Infarct. *Neurology*. 2016; 86(suppl. 16): P1.014. https://doi.org/10.1212/WNL.86.16_supplement.P1.014
33. Walusinski O., Neau J.P., Bogousslavsky J. Hand up! Yawn and Raise Your Arm. *International Journal of Stroke*. 2010; 5(1): 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2009.00394.x>
34. Irmady K., Jabbari B., Louis E.D. Arm Posturing in a Patient Following Stroke: Dystonia, Levitation, Synkinesis, or Spasticity? *Tremor and Other Hyperkinetic Movements*. 2015; 5: 353. <http://doi.org/10.5334/tohm.260>
35. Kang K., Lee W.W., Kwon O. et al. Unilateral arm flapping gait as a manifestation of synkinesis following recurrent strokes. *Neurology India*. 2018; 66(5): 1493–1494. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.241358>
36. Mulley G. Associated reactions in the hemiplegic arm. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1982; 14(3): 117–120.
37. Campbell Thomson H. Associated movements in hemiplegia: their origin and physiological significance. *Brain*. 1903; 26 (4): 514–523. <https://doi.org/10.1093/brain/26.4.514>
38. Valls J. The utility of electrodiagnostic tests for the assessment of medically unexplained weakness and sensory deficit. *Clinical Neurophysiology Practice*. 2016; 1: 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2016.02.002>
39. Park I.S., Song I.U., Lee S.B. et al. Mirror movements and involuntary homolateral limb synkinesis in a patient with probable Creutzfeldt-Jakob disease. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2009; 111(4): 380–383. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2008.11.005>
40. Parmera J.B., Brucki S.M., Coutinho A.M. et al. Foot-Hand Synkinesis in Corticobasal Syndrome: Single Clinical Feature with Distinct Molecular Imaging Biomarkers. *Movement Disorders Clinical Practice*. 2021; 8(3): 491–492.
41. Needham M., Loy C., MacAnally L. et al. Homolateral imitative synkinesis: A forgotten sign. In: XVIII World Congress of Neurology. 5–11 November 2005. Sydney. Australia. 2005; 238(suppl. 1): S47–S48. [https://doi.org/10.1016/S0022-510X\(05\)80189-3](https://doi.org/10.1016/S0022-510X(05)80189-3)
42. Hoy K.E., Fitzgerald P.B., Bradshaw J.L. et al. Investigating the cortical origins of motor overflow. *Brain Research Reviews*. 2004; 46(3): 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2004.07.013>
43. Gaddis A., Rosch K.S., Dirlikov B. et al. Motor overflow in children with attention-deficit/hyperactivity disorder is associated with decreased extent of neural activation in the motor cortex. *Psychiatry Research*. 2015; 233(3): 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.08.001>
44. Franz E.A., Chiaroni-Clarke R., Woodrow S. et al. Congenital mirror movements: phenotypes associated with DCC and RAD51 mutations. *Journal of the Neurological Sciences*. 2015; 351(1–2): 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.03.006>
45. McPherson L.M., Dewald J.P. Abnormal synergies and associated reactions post-hemiparetic stroke reflect the neuroanatomy of brainstem motor pathways. *Frontiers in Neurology*. 2022; 13: 934670. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.934670>

46. Brunnstrom S., Lehmkuhl L.D. Brunnstrom`s Clinical Kinesiology. Philadelphia: F.A. Davis Company; 6th Revised Ed. 2012. 575 p.
47. Jones C.L., Kamper D.G. Involuntary Neuromuscular Coupling between the Thumb and Finger of Stroke Survivors during Dynamic Movement. *Frontiers in Neurology*. 2018; 8(9). <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00084>
48. Michael D., Lorenz B.S. *Handbook of Veterinary Neurology*. 5th Ed. Saunders. 2011. 560 p.
49. Chang S.H., Durand-Sanchez A., DiTommaso C. et al. Interlimb interactions during bilateral voluntary elbow flexion tasks in chronic hemiparetic stroke. *Physiological Reports*. 2013; 1(1): e00010. <https://doi.org/10.1002/phy2.10>
50. Liu G., Chia C.H., Wang W.N. et al. The Muscle Activation Differences in Post-Stroke Upper Limb Flexion Synergy Based on Spinal Cord Segments: A Preliminary Proof-of-Concept Study. *Frontiers in Neurology*. 2021; 12:598554. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.598554>
51. Петров К.Б., Ивонина Н.А., Митичкина Т.В. Основные этапы развития кинезитерапии. *Вестник восстановительной медицины*. 2020; 6 (100): 100–107. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-100-107> [Petrov K.B., Ivonina N.A., Mitichkina T.V. Main Stages in the Development of Kinesiotherapy (Lecture). *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 6 (100): 100–107. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-100-6-100-107> (In Russ.)]
52. McMorland A.J., Runnalls K.R., Byblow W.D. A neuroanatomical framework for upper limb synergies after stroke. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015; 9:1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00082>
53. Sakuma K., Ohata K., Izumi K. et al. Relation between abnormal synergy and gait in patients after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014; 11: 141. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-141>
54. Denslow E. How to Overcome Synergistic Movement After Stroke (When One Movement Leads to Many). *Flint Rehab*. Available at: <https://www.flintrehab.com/synergistic-movement-stroke/> (Accessed: 05.04.2024).
55. Dewald J.P., Pope P.S., Given J.D. et al. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. *Brain*. 1995; 118(2): 495–510. <https://doi.org/10.1093/brain/118.2.495>
56. Van Crielinge T., Vermeulen J., Wagemans K. et al. Lower limb muscle synergies during walking after stroke: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2020; 42(20): 2836–2845. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1578421>
57. Петров К.Б. Неспецифические рефлекторно-мышечные синдромы при патологии двигательной системы. Новокузнецк: Полиграфист, 2019. 274 с. [Petrov K.B. nonspecific reflex-muscular syndrome in pathology propulsion system. *Novokuznetsk: Polygraphist*, 2019. 274 p. (In Russ.)]
58. Julius P.A., Dewald P.S., Pope J.D. et al. Abnormal muscle coactivation patterns during isometric torque generation at the elbow and shoulder in hemiparetic subjects. *Brain*. 1995; 118(2): 495–510. <https://doi.org/10.1093/brain/118.2.495>
59. Thelen D.D., Riewald S.A., Asakawa D.S. et al. Abnormal coupling of knee and hip moments during maximal exertions in persons with cerebral palsy. *Muscle Nerve*. 2003; 27: 486–493. <https://doi.org/10.1002/mus.10357>
60. Lamontagne A., Richards C., Malouin F. Coactivation during gait as an adaptive behavior after stroke. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000; 10(6): 407–415. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00028-6)
61. Phan T., Nguyen H., Vermillion B.C. et al. Abnormal proximal-distal interactions in upper-limb of stroke survivors during object manipulation: A pilot study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2022; 16: 1022516. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.1022516>
62. Reisman D.S., Scholz J.P. Aspects of joint coordination are preserved during pointing in persons with post-stroke hemiparesis. *Brain*. 2003; 126(11): 2510–2527. <https://doi.org/10.1093/brain/awg246>
63. Sheng W., Li S., Zhao J. et al. Upper Limbs Muscle Co-Contraction Changes Correlated with the Impairment of the Corticospinal Tract in Stroke Survivors: Preliminary Evidence from Electromyography and Motor-Evoked Potential. *Frontiers in Neuroscience*. 2022; 16: 886909. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.886909>
64. Pedretti L.W., Pendleton H.M., Schultz-Krohn W. *Pedretti's occupational therapy: practice skills for physical dysfunction*. 6th Ed. Mosby/Elsevier, 2006. 1280 p.
65. Lindquist A.R., Prado C.L., Barros R.M. et al. Gait Training Combining Partial Body-Weight Support, a Treadmill, and Functional Electrical Stimulation: Effects on Poststroke Gait. *Physical Therapy*. 2007; 87 (9): 1144–1154. <https://doi.org/10.2522/ptj.20050384>
66. Sousa A.S.P., Moreira J., Silva C. et al. Usability of Functional Electrical Stimulation in Upper Limb Rehabilitation in Post-Stroke Patients: a narrative review. *Sensors*. 2022; 22: 1409. <https://doi.org/10.3390/s22041409>
67. Niu C.M., Bao Y., Zhuang C. et al. Synergy-Based FES for Post-Stroke Rehabilitation of Upper-Limb Motor Functions. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2019; 27(2): 256–264. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2019.2891004>
68. Hijmans J.M., Hale L.A., Satherley J.A. et al. Bilateral upper-limb rehabilitation after stroke using a movement-based game controller. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 2011; 48(8): 1005–1013. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22068375/>
69. Oujamaa L., Relave I., Froger J. et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2009; 52(3): 269–293. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2008.10.003>
70. Hatem S.M., Saussez G., Della Faille M. et al. Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2016; 10: 442. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00442>
71. Петров К.Б., Ивонина Н.А. Авторские методы кинезитерапии в нейрореабилитации. *Consilium Medicum*. 2018; 20(2): 96–100. [Petrov K.B., Ivonina N.A. Author's methods of kinesiotherapy in neurorehabilitation. *Consilium Medicum*. 2018; 2(20): 96–100 (In Russ.)]
72. Кадыков А.С., Шахпаронова Н.В. Упражнения с легким дозированным сопротивлением. Доступно на: <https://neuroreab.ru/article/uprazhneniya-s-legkim-dozirovannym-soprotivleniem/> (Дата обращения: 12.02.2024). [Kadykov A.S., Shakhparonova N.V. Exercises with light dosed resistance. Available at: <https://neuroreab.ru/article/uprazhneniya-s-legkim-dozirovannym-soprotivleniem/> (Accessed 12.02.2024) (In Russ.)]
73. Ellis M., Holubar B., Acosta A.M. et al. Modifiability of abnormal isometric elbow and shoulder joint torque coupling after stroke. *Muscle & nerve*. 2005; 32: 170–178. <https://doi.org/10.1002/mus.20343>
74. Arya K.N., Pandian S. Interlimb neural coupling: Implications for poststroke hemiparesis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014; 57(9–10): 696–713. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.06.003>
75. Гербер М., Имхоф У. Тренировка выносливости и силы у пациентов с органическим поражением центральной нервной системы в рамках современного концепта по Бобат. ЛФК и массаж. 2006; 27(3): 48–54. [Gerber M., Imkhof U. Training of endurance and strength in patients with organic lesions of the central nervous system in the framework of the modern concept according to Bobath. LFK i massazh. 2006; 27(3): 48–54 (In Russ.)]
76. Черкасова В.Г. Лечебная физкультура при острых нарушениях мозгового кровообращения: методические рекомендации. Пермь: Престайм, 2010. 36 с. [Cherkasova V.G. Therapeutic physical training in acute cerebral circulation disorders: methodical recommendations. Perm: Prestime, 2010. 36 p. (In Russ.)]
77. Stroke: Physiotherapy Treatment Approaches. *Physio-pedia*. Available at: https://www.physio-pedia.com/Stroke:_Physiotherapy_Treatment_Approaches (Accessed: 13.02.2024).