

УДК 616-092

Постуральный баланс после инсульта

Пальцын А.А.^{1,2}, Свиридкина Н.Б.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии».

125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

² Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская Академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

123995, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1

*Инсульт часто осложняется нарушением постурального баланса. Дефект баланса нарушает в большей или меньшей степени созданную эволюцией вида *Homo sapiens* жизненно важную функцию ходьбы, снижает качество жизни и опасен вероятностью падений и травматических повреждений. Поэтому одной из ближайших задач реабилитации является восстановление постурального баланса – вторичное, после детства, обучение ходьбе. В лекции указываются некоторые современные приемы ускорения такой реабилитации: ходьба с максимальной, но не чрезмерной для индивидуума нагрузкой, по мягким и различным для правой и левой ноги поверхностям, синхронное выполнение двигательных и когнитивных нагрузок, функциональная электростимуляция, стабилметрический постуральный тренинг и контроль процесса в роботизированных механотренажерах, использование биологической обратной связи (БОС) для корректировки процесса реабилитации.*

Ключевые слова: инсульт; ходьба; падения; постуральный баланс; биологическая обратная связь; стабилметрический контроль.

Для цитирования: Пальцын А.А., Свиридкина Н.Б. Постуральный баланс после инсульта. *Патогенез*. 2022; 20(1): 82-88

DOI: 10.25557/2310-0435.2022.01.82-88

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: 21.02.2021

Postural balance after stroke

Paltsyn A.A.^{1,2}, Sviridkina N.B.¹

¹ Institute of General Pathology and Pathophysiology,

Baltiyskaya St. 8, Moscow 125315, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuing Vocational Education,

Barrikadnaya St. 2/1, Moscow 123995, Russian Federation

*Stroke is often complicated by postural imbalance. A balance defect disrupts, to a greater or lesser extent, the vital function of walking created by the evolution of *Homo sapiens*, impairs the quality of life, and brings a risk of falls and traumatic injuries. Therefore, one of the immediate objectives of rehabilitation is restoration of postural balance, i.e., repeated, post-childhood, learning to walk. The lecture shows some modern techniques for facilitating such rehabilitation: walking with a maximum, but not excessive load for the individual, on soft and different surfaces for the right and left legs, synchronous performance of motor and cognitive exercises, functional electrical stimulation, stabilometric postural training and control of the process in robotic mechanical simulators, and the use of biofeedback to adjust the rehabilitation process.*

Key words: stroke; walking; falls; postural balance; biofeedback; stabilometric control.

For citation: Paltsyn A.A., Sviridkina N.B. [Postural balance after a stroke]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2022; 20(1): 82-88 (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2022.01.82-88

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: 21.02.2021

Постуральный баланс – основа возможности прямохождения

Крайне тяжелым, непосредственно не смертельным, но – смертельно опасным результатом инсульта часто бывает нарушение постурального баланса. Оно уничтожает итог миллионнолетней эволюции человека – вертикальное положение тела, как возможность успешно

перемещаться по планете не на четырех, как другие млекопитающие, а всего лишь на двух конечностях.

Ходьба (и, тем более, бег) человека – удивительное, уникальное по совершенству регулирования явление природы, одно из чудес света, основанное на постуральном балансе. По соотношению веса и площади опоры тело человека представляет собой перевернутый маятник: основная масса расположена выше опоры – антимаят-

ник. При отклонении от вертикали маятника, его масса способствует неизбежному, автоматическому возврату маятника в исходное положение. При отклонении от вертикали тела человека, его масса способствует увеличению отклонения и падению. При ходьбе, а тем более беге, постоянно возникают моменты, когда достаточно просторное по площади поперечного сечения тело опирается на одну, небольшую по площади ступню. Разница площадей горизонтальных сечений ступни и тела обуславливает то, что при движении центр тяжести тела постоянно отклоняется за пределы площади ступни и, следовательно, тело, лишенное опоры, должно упасть. Конечно, одно из удивительных чудес природы — это то, что человек, анатомический антималятник, обреченный физикой падать при ничтожных отклонениях центра тяжести за пределы малой по площади ступни, благодаря постуральному балансу успешно ходит, бежит, танцует, поднимает и носит тяжести, занимается сложнейшими, «невозможными» по характеру движений и величине отклонения центра тяжести от опоры видами спорта (гимнастика, фигурное катание). Ходьба человека — череда рефлекторно избегаемых (управляемых) полупадений (четвертьпадений не говорят, но было бы точнее). При каждом шаге человек наклоняется вперед и начинается падение, которому препятствует распрямление выдвинутой вперед ноги. После того, как она коснется земли, на нее переносится вес тела, коленный сустав сгибается, амортизируя падение, а затем разгибается, возвращая тело на исходную высоту.

Конструктивно антималятник неустойчив. Устойчивость при стоянии, а тем более, движении, достигается за счет статокINETических рефлексов и работы мышц, постоянно и быстро возвращающих антималятник в положение равновесия. В стволе головного мозга расположена сложная система рефлекторных центров, получающая информацию от множества сенсоров и обеспечивающая сохранение положения центра тяжести в пространстве. Колебания позы — это характерные для спокойного стояния отклонения, имеющие амплитуды порядка долей градуса. Такие отклонения являются, согласно большинству существующих оценок, подпороговыми для сознания, но надпороговыми для вестибулярного аппарата и других регуляторов положения тела в пространстве: зрительной системы, суставно-мышечных рецепторов.

Самая гравитационно-чувствительная мышца человека — камбаловидная [1]. Вызванная инсультом гибель нейронов разрушает выработанную в фило- и онтогенезе согласованность информации от комплекса сенсоров контроля вертикальной позы: полукружных каналов ушного лабиринта, слуховых рецепторов, проприорецепторов мышц ног, шеи и сетчатки глаза. Заменяются и разрушаются выработанные в раннем детстве поздние коррекции рефлекторных обратной связью по показаниям вестибулярного аппарата, зрительной системы, суставно-мышечных рецепторов. Результаты клинических исследований показывают, что наи-

более существенные нарушения равновесия наблюдаются при инсультах в правом полушарии — левостороннем гемипарезе [2, 3].

Ходьба как основа постинсультной реабилитации

В наше время, пока автомобилю не удалось полностью вытеснить способность и необходимость ходить, нарушение постурального баланса — одно из самых тяжелых последствий инсульта, грубо снижающее качество жизни и опасное большой вероятностью травматизма. Для успешной ходьбы необходимо сочетание достаточной мышечной силы и подвижности суставов с достаточной постуральной устойчивостью. Всё это повреждается инсультом, восстанавливается и совершенствуется общими физическими нагрузками и специальными упражнениями для восстановления нарушенного инсультом баланса. Постуральная устойчивость обеспечивается афферентной визуальной, и вестибулярной информацией, а также соматосенсорной информацией рецепторов костей, мышц, сухожилий, связок, кожи подошвы и других соприкасающихся с опорой участков тела [4].

Постуральная устойчивость (постуральный баланс) оценивается количественно по времени и точности, «чистоте» выполнения списка поз и движений, который разработала и предложила Берг (шкала баланса Берг) [5]. Она состоит из 14 проб с оценкой от 0 до 4 баллов. Таким образом человек с идеальным балансом набирает 56 баллов.

Главный способ восстановления постуральной устойчивости после инсульта — ходьба (перемещение площади опоры соответственно перемещению центра тяжести тела). Вскоре после тяжелых поражений мозга ходьба и суррогаты ходьбы становятся возможными только при использовании специальных приспособлений: экзопротезов, ходунков, костылей, трости. Для разработки постуральной устойчивости и выносливости в реабилитационных центрах используется множество технических приспособлений, в том числе, ходьба по движущейся поверхности (ленте) с регулируемой врачом скоростью. Величина нагрузки на ленте регулируется и определяется по шкале Берг — максимум в ней равен 20. В исследовании Klas Sandberg с соавторами [6] 56 пациентов старше 50 лет (28 женщин), выписанных домой с легкой степенью ишемического инсульта, выполняли программу ходьбы: 29 занятий за 12 недель. Продолжительность занятий 60 мин, интенсивность нагрузки — до 14–15 единиц по шкале Берг. В выборке с нагрузками, сравнительно с пережившими сопоставимый инсульт, но без описанного курса реабилитации, увеличивалась продолжительность стояния на одной ноге, скорость проходки, быстрота реакции, максимальная скорость на дистанции 10 м, качество жизни по европейской шкале, самооценка степени восстановления.

Устинова с соавторами [7] сопоставляли колебания центра давления тела у пациентов с левосторонним

и правосторонним гемипарезом. Оказалось, что при левостороннем гемипарезе, возникающим при поражении структур правого полушария мозга, площадь колебаний положения центра давления в плоскости опоры больше, чем при правостороннем.

Особенно трудным становится восстановление постральной устойчивости и ходьбы после инсультов в правом полушарии — где расположен центр равновесия. Таким больным свойственны апраксии, в частности латеропульсия — непреодолимое, по описаниям [8], отклонение тела в стороны. Конечно, это увеличивает риск падения, задерживает реабилитацию больных, грубо снижает качество жизни. И, всё-таки, по статистическим результатам 22 наиболее строгих исследований, выбранных из 1881 опубликованных отчетов, есть убедительные доказательства того, что тренировка даже при левостороннем гемипарезе может улучшить контроль равновесия в положениях сидя, стоя и в движении [9].

В многоцентровом исследовании врачей из учреждений США с участием 347 пациентов через 2–6 месяцев после инсульта обнаружили увеличение тренировками скорости походки и проходимой дистанции [10]. Курс тренировок состоял из 36 сеансов (3 раза в неделю в течение 12 недель) продолжительностью 90 мин для тренировки опорно-двигательного аппарата (тренировка походки на беговой дорожке). Участники увеличили скорость походки, проходимое за сеанс расстояние и выносливость при ходьбе после 36 сеансов лечения, но темпы прироста улучшений неуклонно снижались и в среднем были очень низкими в интервале от 25-го до 36-го сеанса.

Главная причина актуальности проблемы постинсультного баланса в том, что инсульт нарушает нервные связи, обеспечивающие баланс (скорость, силу и точность движений) и это резко увеличивает вероятность падений. В сравнительно недавней работе [11] авторы с неизбежной в таком подходе долей формализма пытались выяснить, сила или точность (ловкость) движений более эффективны в профилактике падений как последствий инсульта. И пришли к заключению, что ловкость (точность равновесия) важнее силы, что рекомендуется учитывать в программах реабилитации для профилактики падений.

Самооценка больным вероятности падений увеличивается предыдущими падениями и приобретенным в результате страхом. В исследовании Netha Hussain с сотрудниками [12] через 6 месяцев после инсульта, из 279 ответивших на этот вопрос, о страхе падения сообщили 117 (41,9%). Эти люди отличались малой физической активностью до инсульта и плохим постральным контролем после него. Способствуют завышенной самооценке вероятности падений: возраст, женский пол пациента, когнитивная недостаточность, нарушение зрения, плохое настроение, физическая слабость [13].

Жизненно-важной для инсульт-пациентов проблеме — страху падений при неврологических болезнях — посвящен мета-анализ 3954 случаев, осуществленный Libak Abouc соавторами [14]. Исследователи сообщают,

что добавление к ходьбе упражнений на равновесие существенно ($p < 0,001$) снижало страх падений при болезни Паркинсона. Почти таким же был результат при множественном склерозе ($p = 0,001$).

Кроме равновесия, для безопасной в отношении падений походки важное значение имеет стабильность шаговых движений. В исследовании Prakruti Patel с соавторами [11] сравнивали снижающую вероятность падений стабильность походки после двух видов тренировки голеностопного сустава. Давления на педаль с постоянной силой или изменяемой исполнителем упражнения силы давления, соответственно кривой на экране компьютера. Второй вариант тренировок, более сложный по регулированию нагрузки и требующий от исполнителя повышенного внимания, в большей степени способствовал стандартизации походки и уменьшению риска падений. А он — риск падений — сохраняет пожизненную актуальность для большинства интересующих нас людей. Это около 80% от числа, переживших инсульт с гемиплегией [15].

Важный вопрос — сколько нужно тренироваться? Dorian Rose с соавторами провели исследование [10]. Триста сорок семь инсульт-пациентов в течение 12 недель прошли курс нагрузок продолжительностью 90 минут 3 раза в неделю. Всего 36 сеансов. В результате у всех увеличились: скорость походки, проходимая дистанция и снизилась утомляемость. Однако, эти положительные изменения, явно выраженные в начале курса реабилитации, после 25-го занятия, в среднем, становились незначительными. Понятно, что такое наблюдение не указывает на возможность для пациентов снижать без нежелательных последствий интенсивность нагрузок, но лишь напоминает, что с возрастом сохранять остатки здоровья становится труднее и работать приходится не за приобретение, а за сохранение приобретенного.

Дополнительные методы реабилитации

Umair Ahmed с сотрудниками [16] определили, что режим упражнений, включающий высокоинтенсивные тренировки, и одновременное выполнение второй задачи — многоплоскостных движений туловища, может, улучшить контроль позы, равновесие, функциональную подвижность и снизить риск падения у пациентов с гемиплегическим инсультом. Herold с соавторами [17] статью «Задумчивость при движении или движение с обдумыванием» заключают так: «включение когнитивной задачи в двигательную нагрузку — наиболее эффективный путь повышения когнитивного резерва». На наш взгляд, авторы не поняли или недооценили сделанного, или вставили «красное словцо» в ущерб точности. Когнитивный эффект когнитивных нагрузок практически ценен, но не представляет познавательной ценности — он обыден, предсказуем. А вот физический, силовой эффект от когнитивных нагрузок, выполняемых одновременно с двигательными — важное достижение реабилитологии последних лет. Благоприятная для здоровья связь мысли, эмоции и движения — факт, убедитель-

тельно иллюстрируемый хорошим ментальным и физическим здоровьем многих профессиональных танцоров.

Современное увеличение средней продолжительности жизни, будучи, на первый взгляд, благоприятным фактом, содержит множество трудно решаемых проблем и отрицательных последствий. Одно из них — рост числа когнитивно-ущербных людей. Медицинская реакция на это, возможно не очень согласующаяся с социологией, может быть только одна — увеличение срока не просто жизни, а когнитивно-нормальной жизни. Сегодня лучшим способом достижения этой цели представляются тренировки с двойной задачей — одновременным выполнением моторных и когнитивных нагрузок. Naina Jardim с сотрудниками опубликовала результаты исследования, доказывающего эффективность этого способа [18]. Продолжительность исследования — 3 месяца, участники — старше 59 лет, до участия в исследовании физически малоактивные. Двигательные нагрузки: 2 раза в неделю по 75 мин, с интенсивностью до 60-70% максимального пульса по индивидуальному пульсометру: аэробные, силовые, на растяжение, в разных положениях, в том числе жим лёжа, ходьба по мягким, различающимся для правой и левой ноги поверхностям (как тренировка баланса), бросание мяча в корзину, приседания. В начале каждого из этих занятий исследователь называл какие-то места, объекты, события, предлагал короткие тексты, давал задания связанные, с запоминанием, подсчетами, обдумыванием, которые в конце занятий нужно было повторить (вспомнить) или сообщить результаты размышлений, вычислений и оценок. В итоге 3-месячного курса занятий авторы обнаружили улучшение когнитивных способностей, а также силы рук и ног, кардио-респираторных показателей, баланса, настроения. Авторы утверждают, что комбинация мультисенсорной когнитивной стимуляции и мультимодальных тренировок с умеренными физическими упражнениями два раза в неделю может быть принята в качестве эффективной программы для замедления возрастного снижения когнитивных способностей и улучшения физической формы и качества жизни пожилых людей.

Комплекс мультисенсорной когнитивной стимуляции и мультимодальных физических нагрузок стали называть методом двойных задач, имея в виду реабилитационный прием, подразумевающий одновременное выполнение физической (ходьба, бег, поддержание устойчивой позы) и когнитивной нагрузки (внимание, вычисление, воспоминание, запоминание, выбор, решение). Двойные задачи с синхронным вовлечением моторных и когнитивных функций, ассоциированные с различающимися механизмами мозговой активности, позволяют оценить и развить компенсаторные ресурсы мозга в норме, а также при повреждениях или возрастных изменениях. Опубликованы данные об успешном применении метода двойных задач в курсе реабилитации кардиохирургических пациентов [19].

Очевидно, что инсульт, с его интеллектуальными, силовыми, постуральными нарушениями представля-

ет наибольшее пространство, актуальность и интерес для применения обсуждаемого комплекса терапевтических воздействий. В исследовании [20] были получены доказательства того, что включение высокоинтенсивных тренировок, с разнообразием траектории, силы, плоскости движений туловища, а также практики двойных интеллектуальных задач в программу упражнений для инсульт-пациентов способствует увеличению мобильности, ловкости, силы, выносливости, улучшению баланса, управляемости телом и снижает риск падения у пациентов с инсультом легкой и средней степени тяжести. Уменьшает зависимость от помощи окружающих.

Нагрузки по программе выполнения двойных задач оказались эффективным способом в амбулаторном варианте постинсультной реабилитации. Не влияя существенно на качество жизни и физическую активность пациентов, достоверно снижали частоту падений и падениями обусловленный травматизм.

Есть опыт совершенствования постурального контроля методом биологической обратной связи (БОС). Суть метода заключается в выведении на экран компьютера физиологических показателей состояния человека в покое и при нагрузке. Он физическими, волевыми, мыслительными усилиями пытается и достигает в какой-то степени изменения этих показателей в желаемом направлении. Костенко Е.В. с сотрудниками для постинсультной реабилитации использовали функциональную электростимуляцию и регулируемые БОС стабилметрический постуральный тренинг и контроль [21]. Такой комплекс реабилитационных мероприятий позволил значительно улучшить функцию ходьбы, восстановление двигательного стереотипа. Клинический эффект отмечался через 3 недели после начала реабилитации, достигая максимума к 5-й неделе. Включение в процесс реабилитации методов, основанных на БОС, приводит к более ранней двигательной и социальной адаптации пациента, восстановлению нарушенной функции равновесия, что авторы связывают с повышением активности пластических процессов в головном мозге. В этом исследовании авторы представили доказательства того, что включение высокоинтенсивных тренировок, многоплоскостных движений туловища и практики двойных задач в традиционный режим упражнений для пациентов с инсультом эффективно способствует контролю туловища, балансу и функциональному восстановлению, снижает риск падений. Авторы заключают: метод может существенно улучшить самостоятельную мобильность и снизить риск падения у пациентов с инсультом средней и легкой степени тяжести. Раннее выявление лиц с риском падения и боязнь падения после инсульта имеет решающее значение для индивидуализации профилактических действий.

В обсуждаемой нами теме привлекательным может показаться использование метода транскраниальной магнитной стимуляции — неинвазивная безболезненная методика стимуляции структур головного мозга с использованием сфокусированного переменного магнит-

ного поля и индуцируемых им в тканях мозга электрических токов. Однако, современная литература относительно терапевтических эффектов метода не всегда дает основания для надежных рекомендаций. Так выполненный в Китае мета-анализ по 9 исследованиям, выявивший существенное увеличение скорости походки не обнаружил достоверного улучшения баланса [22]. Трудно представить не совпадение этих неразрывно связанных физиологических характеристик. Возникает подозрение в ошибке. Так, по результатам другого китайского мета-анализа было заявлено, что транскраниальная магнитная стимуляция – эффективный способ восстановления функционального баланса и постурального контроля [23]. Сообщение о более позднем и тоже китайском исследовании, не добавив теоретической определенности в вопрос, завершено практическим призывом включать в клиническую практику транскраниальную магнитную стимуляцию в качестве дополнительной терапии в постинсультной реабилитации [24]. Однако, соседи в Корею не столь оптимистичны в оценке и заявляют, что полезность метода в рутинной клинической практике пока не доказана [25]. Итальянцы рекомендуют метод как увеличивающий стабильность по ходьбе и уменьшающий риск падения [26].

Английские врачи (почему-то с итальянскими фамилиями) считают, что терапевтический эффект транскраниальной магнитной стимуляции надежно доказан только при болезни Паркинсона, а применимость и полезность в лечении других двигательных расстройств сегодня остается предметом изучения пока без ответственных рекомендаций [27]. Результаты отечественных исследований не противоречат этому мнению [28].

Опубликовано исследование иранских врачей о роли фактора тревожности, существенно влияющего на терапевтическую эффективность любого способа реабилитации инсульт-пациентов [29]. Авторы определяли постуральную стабильность после инсульта у пациентов с высоким и низким уровнем тревожности. Измерения на твердой поверхности и на пенопласте показали достоверно повышенные после перенесенного инсульта размах колебаний тела и активность мышц голеностопного сустава, худший контроль осанки, а, соответственно, и большую вероятность падений у пациентов с высоким уровнем тревожности. Отвлечение внимания пациентов от угрозы падения на выполнение ими когнитивных задач улучшало постуральную стабильность.

В настоящий момент есть убеждающие по количеству и доказательности свидетельства того, что физические нагрузки достаточной интенсивности и сложности, обязательно включающие многоплоскостные движения и синхронное выполнение когнитивных задач, могут улучшить функциональные результаты и снизить риск падения пациентов после инсульта и увеличить продолжительность их когнитивного благополучия.

В последние годы в диагностику и программы реабилитации после инсульта стали внедрять стабилометрию. В реабилитационных центрах распро-

странилось применение стабилоплатформ с биологической обратной связью. Это позволяет инструментально точно (по показаниям компьютера) совершенствовать системы организма, отвечающие за координацию движений и способность поддерживать равновесие тела. Скворцова В.И. с соавторами опубликовала результаты [30] программы восстановления ходьбы у больных с инсультом с использованием роботизированных механотренажеров. В исследование включены пациенты в остром периоде инсульта, *неспособные к самостоятельной ходьбе* (средний возраст $59,0 \pm 10,4$ года); 53 больных в основной группе и 25 – в контрольной. Больные основной группы, в отличие от контрольной, получали 20-минутные тренировки на роботизированных механотренажерах (Motomed Viva 2 и Gait Trainer 1), сопровождавшиеся непрерывным мониторингом артериального давления и частоты сердечных сокращений. Количество занятий на тренажерах составило от 5 до 12, в среднем 7 ± 1 занятие. После проведенного комплексного восстановительного лечения у пациентов основной группы по сравнению с контрольной отмечена достоверно ($p < 0,01$) лучшая динамика по «шкалам устойчивости стояния и функциональных категорий ходьбы». Великолепность результатов, полученных в столь короткий срок и столь малым числом лечебных процедур приятно удивляет, но авторы пишут именно так: «все пациенты этой группы стали способны ходить с опорой или полностью самостоятельно». В основной группе достоверно ($p < 0,05$) уменьшилось число больных с нарушениями проприоцептивной чувствительности (с 37,7 до 9,4%) и атаксией нижних конечностей (с 37,0 до 11,3%), в контрольной группе динамики по этим показателям не было. Сделан вывод, что комплексное использование рефлекторной кинезиотерапии и роботизированной механотерапии у больных в остром периоде инсульта позволяет увеличить функциональную активность и повысить уровень самообслуживания уже к моменту выписки из стационара.

Заключение

Заключая лекцию, считаем необходимым подчеркнуть, что высокоинтенсивные тренировки с максимально разнообразными движениями туловища, и конечностей, должны обязательно включать техники двойных задач в традиционный режим физических нагрузок инсульт-пациента. Компьютерные стабилометрический контроль и регулирование баланса вырабатывают навыки координации балансируемых движений, стабилизируют и автоматизируют походку, снижают риск падений, вероятность когнитивной недостаточности и зависимость от внешней помощи. Что практически не обсуждается литературой, но очень важно для продолжения и качества продолжаемой жизни постинсультных пациентов – это достижение уровня подвижности и баланса хотя бы (как минимум) приемлемого для осуществления повседневной бытовой активности: пере-

мещения по квартире или в ближнем окружении, пи-
тья, еды, мытья, одевания-раздевания, туалета, чтения
и других общечеловеческих потребностей.

Список литературы

1. Григорьев А.И., Шенкман Б.С. Скелетная мышца в безопорном мире. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2008; 78(4): 337–345.
2. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Максакова О.А. Интегрирующая роль произвольного позного контроля при реабилитации больных с черепно-мозговой травмой. *Журнал высшей нервной деятельности имени И.П. Павлова*. 2011; 61(1): 24–33.
3. Масляков В.В., Павлова О.Н., Фохт Ю.В., Федотова Н.Н. Патогенетические механизмы развития ишемического инсульта и влияние основных факторов на прогноз заболевания. *Патогенез*. 2021; 19(4): 60–66. DOI: 10.25557/2310-0435.2021.04.60-66
4. Goodworth A.D., Peterka R.J. Contribution of Sensorimotor Integration to Spinal Stabilization in Humans. *J. Neurophysiol.* 2009; 102(1): 496–512. DOI: 10.1152/jn.00118.2009
5. Berg K., Wood-Dauphine S., Williams J.I., Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989; 41(6): 304–311. DOI: 10.3138/ptc.41.6.304
6. Sandberg K., Kleist M., Falk L., Enthoven P. Effects of Twice-Weekly Intense Aerobic Exercise in Early Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2016; 97(8): 1244–1253. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.01.030
7. Устинова К.И., Иоффе М.Е., Черникова Л.А. Особенности нарушений вертикальной позы у больных с постинсультными гемипарезами. *Физиология человека*. 2003; 29(5): 140–147.
8. Dai S., Piscicelli C., Clarac E., Vaciu M., Hommel M., Pérennou D. Balance, Lateropulsion, and Gait Disorders in Subacute Stroke. *Neurology*. 2021; 96(17): 2147–2159. DOI: 10.1212/WNL.0000000000011152
9. Van Criekeing T., Truijen S., Schröder J., Maebe Z., Blanckaert K., van der Waal C., Vink M., Saeyns W. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Rehabil.* 2019; 33(6): 992–1002. DOI: 10.1177/0269215519830159
10. Rose D.K., Nadeau S.E., Wu S.S., Tilson J.K., Dobkin B.H., Pei Q., Duncan P.W. Locomotor Training and Strength and Balance Exercises for Walking Recovery After Stroke: Response to Number of Training Sessions. *Phys. Ther.* 2017; 97(11): 1066–1074. DOI: 10.1093/ptj/pzx079
11. Patel P., Casamento-Moran A., Christou E.A., Lodha N. Force-Control vs. Strength Training: The Effect on Gait Variability in Stroke Survivors. *Front. Neurol.* 2021; 12: 667340. DOI: 10.3389/fneur.2021.667340
12. Hussain N., Hansson P.O., Persson C.U. Prediction of fear of falling at 6 months after stroke based on 279 individuals from the Fall Study of Gothenburg. *Sci. Rep.* 2021; 11(1): 13503. DOI: 10.1038/s41598-021-92546-9
13. Andersson A.G., Kamwendo K., Appelros P. Fear of falling in stroke patients: relationship with previous falls and functional characteristics. *Int. J. Rehabil. Res.* 2008; 31(3): 261–264. DOI: 10.1097/MRR.0b013e3282fba390
14. Abou L., Alluri A., Fliflet A., Du Y., Rice L.A. Effectiveness of Physical Therapy Interventions in Reducing Fear of Falling Among Individuals With Neurologic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2021; 102(1): 132–154. DOI: 10.1016/j.apmr.2020.06.025
15. Li S., Francisco G.E., Zhou P. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Front. Physiol.* 2018; 9: 1021. DOI: 10.3389/fphys.2018.01021
16. Ahmed U., Karimi H., Amir S., Ahmed A. Effects of intensive multiplanar trunk training coupled with dual-task exercises on balance, mobility, and fall risk in patients with stroke: a randomized controlled trial. *J. Int. Med. Res.* 2021; 49(11): 3000605211059413. DOI: 10.1177/03000605211059413
17. Herold F., Hamacher D., Schega L., Müller N.G. Thinking while moving or moving while thinking—concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Front. Aging Neurosci.* 2018 10: 228. DOI: 10.3389/fnagi.2018.00228
18. Jardim N.Y.V., Bento-Torres N.V.O., Costa V.O., Carvalho J.P.R., Pontes H.T.S., Tomás A.M., Sosthenes M.C.K., Erickson K.I., Ben-

- to-Torres J., Diniz C.W.P. Dual-Task Exercise to Improve Cognition and Functional Capacity of Healthy Older Adults. *Front Aging Neurosci.* 2021; 13: 589299. DOI: 10.3389/fnagi.2021.589299
19. Трубникова О.А., Тарасова И.В., Барбараш О.Л. Нейрофизиологические механизмы и перспективы использования двойных задач в восстановлении когнитивных функций у кардиохирургических пациентов. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2020; 5(2): 101–111. DOI: 10.23946/2500-0764-2020-5-1-101-111
20. Pang M.Y.C., Yang L., Ouyang H., Lam F.M.H., Huang M., Jehu D.A. Dual-Task Exercise Reduces Cognitive-Motor Interference in Walking and Falls After Stroke. *Stroke*. 2018; 49(12): 2990–2998. DOI: 10.1161/STROKEAHA.118.022157
21. Костенко Е.В., Петрова Л.В., Рылский А.В., Энеева М.А. Эффективность коррекции постинсультных двигательных нарушений с применением методов функциональной электростимуляции и БОС-стабилометрического пострального контроля. *Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова*. 2019; 119(1): 23–30. DOI: 10.17116/jnevro201911901123
22. Li Y., Fan J., Yang J., He C., Li S. Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Walking and Balance Function after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2018; 97(11): 773–781. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000948
23. Kang N., Lee R.D., Lee J.H., Hwang M.H. Functional Balance and Postural Control Improvements in Patients With Stroke After Noninvasive Brain Stimulation: A Meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2020; 101(1): 141–153. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.09.003
24. Xie Y.J., Chen Y., Tan H.X., Guo Q.F., Lau B.W., Gao Q. Repetitive transcranial magnetic stimulation for lower extremity motor function in patients with stroke: a systematic review and network meta-analysis. *Neural Regen. Res.* 2021; 16(6): 1168–1176. DOI: 10.4103/1673-5374.300341
25. Kim W.J., Rosselin C., Amatya B., Hafezi P., Khan F. Repetitive transcranial magnetic stimulation for management of post-stroke impairments: An overview of systematic reviews. *J. Rehabil. Med.* 2020; 52(2): jrm00015. DOI: 10.2340/16501977-2637
26. Koch G., Bonni S., Casula E.P., Iosa M., Paolucci S., Pellicciari M.C., Cinnera A.M., Ponzo V., Maiella M., Picazio S., Sallustio F., Caltagirone C. Effect of Cerebellar Stimulation on Gait and Balance Recovery in Patients With Hemiparetic Stroke: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurol.* 2019; 76(2): 170–178. DOI: 10.1001/jama-neurol.2018.3639
27. Latorre A., Rocchi L., Berardelli A., Bhatia K.P., Rothwell J.C. The use of transcranial magnetic stimulation as a treatment for movement disorders: A critical review. *Mov. Disord.* 2019; 34(6): 769–782. DOI: 10.1002/mds.27705
28. Быков Ю.Н., Тетюшкин Н.А., Чипизубов В.А., Калягин А.Н., Лаврик С.Ю. Роль ренин-ангиотензиновой системы в патогенезе болезни Паркинсона. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2021; 65(1): 107–115. DOI: 10.25557/0031-2991.2021.01.107-115
29. Ghorbanpour Z., Taghizadeh G., Hosseini S.A., Pishyareh E., Ghomsheh F.T., Bakhshi E., Mehdi-zadeh H. Overload of anxiety on postural control impairments in chronic stroke survivors: The role of external focus and cognitive task on the automaticity of postural control. *PLoS One*. 2021; 16(7): e0252131. DOI: 10.1371/journal.pone.0252131
30. Скворцова В.И., Иванова Г.Е., Румянцева Н.А., Старицын А.Н., Ковражкина Е.А., Суворов А.Ю. Современный подход к восстановлению ходьбы у больных в остром периоде церебрального инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии имени С.С. Корсакова*. 2010; 110(4): 25–30.

References

1. Grigorev A.I., Shenkman B.S. [Skeletal muscle in the unsupported world]. *Vestnik Rossiyskoi akademii nauk [Herald of the Russian Academy of Sciences]*. 2008; 78(4): 337–345. (in Russian)
2. Zavoronkova L.A., Zariikova A.V., Maksakova O.A. [The integrating role of arbitrary postural control in the rehabilitation of patients with traumatic brain injury]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity]*. 2011; 61(1): 24–33. (in Russian)
3. Masljakov V.V., Pavlova O.N., Focht U.V., Fedotova N.N. Pathogenetic mechanisms of ischemic stroke development and the influence of the main factors on the prognosis of the disease. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2021; 19(4): 60–66. DOI: 10.25557/2310-0435.2021.04.60-66 (in Russian)

4. Goodworth A.D., Peterka R.J. Contribution of Sensorimotor Integration to Spinal Stabilization in Humans. *J. Neurophysiol.* 2009; 102(1): 496–512. DOI: 10.1152/jn.00118.2009
5. Berg K., Wood-Dauphine S., Williams J.I., Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada.* 1989; 41(6): 304–311. DOI: 10.3138/ptc.41.6.304
6. Sandberg K., Kleist M., Falk L., Enthoven P. Effects of Twice-Weekly Intense Aerobic Exercise in Early Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2016; 97(8): 1244–1253. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.01.030
7. Ustinova K.I., Ioffe M.Ye., Chernikova L.A. [Features of exceptional vertical posture in patients with post-stroke hemiparesis]. *Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]*. 2003; 29(5): 140–147. (in Russian)
8. Dai S., Piscicelli C., Clarac E., Baciu M., Hommel M., Pérennou D. Balance, Lateropulsion, and Gait Disorders in Subacute Stroke. *Neurology.* 2021; 96(17): 2147–2159. DOI: 10.1212/WNL.00000000000011152
9. Van Criekinge T., Truijten S., Schröder J., Maebe Z., Blanckaert K., van der Waal C., Vink M., Saeys W. The effectiveness of trunk training on trunk control, sitting and standing balance and mobility post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Rehabil.* 2019; 33(6): 992–1002. DOI: 10.1177/0269215519830159
10. Rose D.K., Nadeau S.E., Wu S.S., Tilson J.K., Dobkin B.H., Pei Q., Duncan P.W. Locomotor Training and Strength and Balance Exercises for Walking Recovery After Stroke: Response to Number of Training Sessions. *Phys. Ther.* 2017; 97(11): 1066–1074. DOI: 10.1093/ptj/pzx079
11. Patel P., Casamento-Moran A., Christou E.A., Lodha N. Force-Control vs. Strength Training: The Effect on Gait Variability in Stroke Survivors. *Front. Neurol.* 2021; 12: 667340. DOI: 10.3389/fneur.2021.667340
12. Hussain N., Hansson P.O., Persson C.U. Prediction of fear of falling at 6 months after stroke based on 279 individuals from the Fall Study of Gothenburg. *Sci. Rep.* 2021; 11(1): 13503. DOI: 10.1038/s41598-021-92546-9
13. Andersson A.G., Kamwendo K., Appelros P. Fear of falling in stroke patients: relationship with previous falls and functional characteristics. *Int. J. Rehabil. Res.* 2008; 31(3): 261–264. DOI: 10.1097/MRR.0b013e3282fba390
14. Abou L., Alluri A., Flifflet A., Du Y., Rice L.A. Effectiveness of Physical Therapy Interventions in Reducing Fear of Falling Among Individuals With Neurologic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2021; 102(1): 132–154. DOI: 10.1016/j.apmr.2020.06.025
15. Li S., Francisco G.E., Zhou P. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Front. Physiol.* 2018; 9: 1021. DOI: 10.3389/fphys.2018.01021
16. Ahmed U., Karimi H., Amir S., Ahmed A. Effects of intensive multiplanar trunk training coupled with dual-task exercises on balance, mobility, and fall risk in patients with stroke: a randomized controlled trial. *J. Int. Med. Res.* 2021; 49(11): 3000605211059413. DOI: 10.1177/03000605211059413
17. Herold F., Hamacher D., Schega L., Müller N.G. Thinking while moving or moving while thinking—concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Front. Aging Neurosci.* 2018 10: 228. DOI: 10.3389/fnagi.2018.00228
18. Jardim N.Y.V., Bento-Torres N.V.O., Costa V.O., Carvalho J.P.R., Pontes H.T.S., Tomás A.M., Sosthenes M.C.K., Erickson K.I., Bento-Torres J., Diniz C.W.P. Dual-Task Exercise to Improve Cognition and Functional Capacity of Healthy Older Adults. *Front Aging Neurosci.* 2021; 13: 589299. DOI: 10.3389/fnagi.2021.589299
19. Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Barbarash O.L. [Neurophysiological mechanisms and prospects for the use of dual tasks in the restoration of cognitive functions in cardiac surgery patients]. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina [Fundamental and Clinical Medicine]*. 2020; 5(2): 101–111. DOI: 10.23946/2500-0764-2020-5-1-101-111 (in Russian)
20. Pang M.Y.C., Yang L., Ouyang H., Lam F.M.H., Huang M., Jehu D.A. Dual-Task Exercise Reduces Cognitive-Motor Interference in Walking and Falls After Stroke. *Stroke.* 2018; 49(12): 2990–2998. DOI: 10.1161/STROKEAHA.118.022157
21. Kostenko E.V., Petrova L.V., Rylsky A.V., Eneeva M.A. [Effectiveness of correction of post-stroke motor disorders using methods of functional electrical stimulation and BOS-stabilometric postural control]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova [S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry]*. 2019; 119(1): 23–30. DOI: 10.17116/jnevro201911901123 (in Russian)
22. Li Y., Fan J., Yang J., He C., Li S. Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Walking and Balance Function after Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 2018; 97(11): 773–781. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000948
23. Kang N., Lee R.D., Lee J.H., Hwang M.H. Functional Balance and Postural Control Improvements in Patients With Stroke After Noninvasive Brain Stimulation: A Meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2020; 101(1): 141–153. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.09.003
24. Xie Y.J., Chen Y., Tan H.X., Guo Q.F., Lau B.W., Gao Q. Repetitive transcranial magnetic stimulation for lower extremity motor function in patients with stroke: a systematic review and network meta-analysis. *Neural Regen. Res.* 2021; 16(6): 1168–1176. DOI: 10.4103/1673-5374.300341
25. Kim W.J., Rosselin C., Amatya B., Hafezi P., Khan F. Repetitive transcranial magnetic stimulation for management of post-stroke impairments: An overview of systematic reviews. *J. Rehabil. Med.* 2020; 52(2): jrm00015. DOI: 10.2340/16501977-2637
26. Koch G., Bonni S., Casula E.P., Iosa M., Paolucci S., Pellicciari M.C., Cinnera A.M., Ponzo V., Maiella M., Picazio S., Sallustio F., Caltagirone C. Effect of Cerebellar Stimulation on Gait and Balance Recovery in Patients With Hemiparetic Stroke: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Neurol.* 2019; 76(2): 170–178. DOI: 10.1001/jamaneurol.2018.3639
27. Latorre A., Rocchi L., Berardelli A., Bhatia K.P., Rothwell J.C. The use of transcranial magnetic stimulation as a treatment for movement disorders: A critical review. *Mov. Disord.* 2019; 34(6): 769–782. DOI: 10.1002/mds.27705
28. Bykov Yu.N., Tetyushkin N.A., Chipizubov V.A., Kalyagin A.N., Lavrik S.Yu. [The role of the renin-angiotensin system in the pathogenesis of Parkinson's disease]. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya [Pathological Physiology and Experimental Therapy]*. 2021; 65(1): 107–115. DOI: 10.25557/0031-2991.2021.01.107-115 (in Russian)
29. Ghorbanpour Z., Taghizadeh G., Hosseini S.A., Pishyareh E., Ghomsheh F.T., Bakhshi E., Mehdizadeh H. Overload of anxiety on postural control impairments in chronic stroke survivors: The role of external focus and cognitive task on the automaticity of postural control. *PLoS One.* 2021; 16(7): e0252131. DOI: 10.1371/journal.pone.0252131
30. Skvortsova V.I., Ivanova G.E., Rummyantseva N.A., Staritsyn A.N., Kovrazhkina E.A., Suvorov A.Yu. [A modern approach to the restoration of walking in patients in the acute period of cerebral stroke]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova [S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry]*. 2010; 110(4): 25–30. (in Russian)

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»; профессор кафедры общей патологии и патофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская Академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <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»