DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

Биомеханические аспекты нарушений функции ходьбы после инсульта: аналитический обзор

М.С. Филиппов, И.В. Погонченкова, Г.М. Лутохин, Е.А. Майоров

Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Восстановление функции ходьбы и равновесия после инсульта представляет собой важнейшую задачу современной неврологии. Постинсультные статолокомоторные нарушения — наиболее распространённые инвалидизирующие последствия, которые имеют критическое значение для качества жизни пациента и его базовой функциональной независимости.

Целью данного аналитического обзора явились комплексное рассмотрение и оценка биомеханических аспектов, влияющих на походку пациента с постинсультными статолокомоторными нарушениями.

В обзоре представлена многофакторная природа нарушений, включая изменения в нейромоторной координации, мышечную слабость, изменения проприоцепции и устойчивости, а также компенсаторных механизмов, развивающихся у пациентов.

Особое внимание уделено биомеханическим параметрам, включая кинематику и кинетику движений, которые позволяют глубже понять характер нарушений и разработать более эффективные стратегии лечения. Подчеркивается важность индивидуализации подхода к реабилитации, что должно основываться на специфических нарушениях каждого пациента.

Настоящий обзор позволяет расширить понимание биомеханических аспектов нарушений функции ходьбы с целью обозначения аспектов дальнейших исследований и разработки инновационных подходов в реабилитации. Представленные данные имеют важное значение для развития и оптимизации индивидуального плана медицинской реабилитации пациентов, перенёсших инсульт, и могут способствовать улучшению их функциональной независимости и качества жизни.

Ключевые слова: инсульт; гемипаретическая походка; атаксия; апраксия; медицинская реабилитация.

Как цитировать:
Филиппов М.С., Погонченкова И.В., Лутохин Г.М., Майоров Е.А. Биомеханические аспекты нарушений функции ходьбы после инсульта: аналитический обзор // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2024. Т. 23, № 4. С. 205–217. DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

Рукопись получена: 01.11.2024 **Рукопись одобрена:** 16.11.2024 **Опубликована online:** 27.11.2024

ЭКО • ВЕКТОР

Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

Biomechanical aspects of gait impairments after stroke: an analytical review

Maksim S. Filippov, Irena V. Pogonchenkova, Gleb M. Lutokhin, Egor A. Mayorov

Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

ABSTRACT

Restoring gait and balance functions after stroke constitutes a major problem in modern neurology. Post-stroke static and locomotor impairments are the most common disabling consequences that are critical for patients' quality of life and basic functional independence.

This analytical review attempts to comprehensively examine and assess the biomechanical aspects affecting the gait in patients with post-stroke static and locomotor impairments.

The review outlines the multifaceted nature of such impairments, including muscle weakness, changes in neuromotor coordination, proprioception and stability, as well as compensatory mechanisms developing in patients.

A particular focus is on biomechanical parameters, including kinematics and kinetics of movements, to provide a deeper understanding of the nature of impairments in order to develop more effective treatment strategies. The analysis highlights the importance of a personalized rehabilitation approach to be based on specific impairments of each patient.

This review is intended to enhance the understanding of the biomechanical aspects of gait impairments for further research and development of innovative approaches in rehabilitation. The data presented are of great importance for the development and elaboration of personalized medical rehabilitation plans for post-stroke patients and may contribute to improving their functional independence and quality of life.

Keywords: stroke; hemiparetic gait; ataxia; apraxia; medical rehabilitation.

To cite this article:
Filippov MS, Pogonchenkova IV, Lutokhin GM, Mayorov EA. Biomechanical aspects of gait impairments after stroke: an analytical review. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation.* 2024;23(4):205–217. DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

Received: 01.11.2024 **Accepted:** 16.11.2024 **Published online:** 27.11.2024

ECO•VECTOR

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2024

DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

脑卒中后步态功能障碍的生物力学特性：综述分析

Maksim S. Filippov, Irena V. Pogonchenkova, Gleb M. Lutokhin, Egor A. Mayorov

Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

摘要

脑卒中患者步态与平衡功能的恢复是现代神经学的核心任务之一。脑卒中引发的静态-动态运动障碍是常见的致残后果，对患者的生活质量和基本生活自理能力有重要影响。

本文旨在对脑卒中患者静态-动态运动障碍中影响步态的生物力学因素进行综合分析与评价。

综述指出，步态障碍具有多因素特性，包括神经运动协调变化、肌力减弱、本体感觉和稳定性下降，以及患者逐渐形成的代偿机制。

文章特别强调了生物力学参数的关键作用，包括运动学与动力学分析，这有助于深入理解障碍特性，并制定更有效的治疗策略。此外，本文还指出了基于患者个体特征调整康复过程的重要性。

本综述旨在深化对步态功能障碍生物力学特性的认识，促进进一步研究与创新康复方法的开发。本文提供的数据对优化脑卒中患者个性化康复计划具有重要意义，并有助于提升患者的生活自理能力和生活质量。

关键词：脑卒中；偏瘫步态；共济失调；动作障碍；医学康复。

引用本文:
Filippov MS, Pogonchenkova IV, Lutokhin GM, Mayorov EA. 脑卒中后步态功能障碍的生物力学特性：综述分析. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation.* 2024;23(4):205–217. DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

收到：01.11.2024 **接受：**16.11.2024 **发布日期：**27.11.2024

ЭКО • ВЕКТОР

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2024

ВВЕДЕНИЕ

В структуре болезней системы кровообращения инсульт — ведущая причина инвалидизации в мире [1]. Согласно статистике Министерства здравоохранения Российской Федерации, в 2019 г. было зарегистрировано 435,2 тыс. случаев острого нарушения мозгового кровообращения, доля умерших составила 30% [2]. Наибольшее влияние на повседневную активность и качество жизни больного оказывают двигательные расстройства [3]. Около трети больных, выживших после инсульта, не могут самостоятельно передвигаться, у 80% отмечается снижение скорости ходьбы, асимметричность походки, увеличение опорной базы, что в 70% случаев приводит к эпизодам падения в течение первого года и вторичной травматизации [4]. На основные характеристики двигательного стереотипа оказывают влияние многообразные факторы. В частности, было отмечено, что снижение мышечной силы, нарушение двигательной функции и равновесия имеют сильную корреляцию с нарушением ходьбы. На поражённой стороне сила мышц-сгибателей бедра, подошвенных сгибателей лодыжек, разгибателей и сгибателей колена, а также сила подошвенных сгибателей лодыжек на здоровой стороне умеренно или сильно коррелируют (r=0,5~0,8) со скоростью ходьбы и подъёма по лестнице [5, 6]. Другие последствия инсульта, включая спастичность, нарушение поверхностной и глубокой чувствительности, снижение толерантности к физическим нагрузкам, оказывают меньшее влияние на функцию ходьбы, и связь между этими нарушениями и скоростью остаётся противоречивой [5]. В исследовании A. Lamontagne и соавт. связь между степенью спастичности и скоростью ходьбы оказалась несущественной [7]. Есть неоднозначные данные о влиянии расстройств поверхностной и глубокой чувствительности на скорость ходьбы [8–10]. Следует учитывать, что причиной нарушения ходьбы может быть атаксия вследствие поражения мозжечка и (или) его связей с корой и глубокими структурами головного мозга [11, 12]. Повреждение лобной и теменной областей коры головного мозга, нарушение связи этих зон с подкорковыми структурами приводит к развитию идеомоторной, идеаторной или кинетической апраксии конечностей [13, 14].

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОРМАЛЬНОЙ ПОХОДКИ

Нормальная походка может рассматриваться как серия цикличных, автоматизированных, повторяющихся и скоординированных движений конечностей и туловища с минимальными затратами энергии, которые приводят к продвижению общего центра масс (ОЦМ) тела вперёд. При ходьбе ОЦМ наряду с поступательными движениями (вперёд) совершает движения в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Перемещение ОЦМ представляет собой синусоидальный процесс с частотой, соответствующей двойному шагу в медиолатеральном направлении, и с удвоенной частотой в переднезаднем и вертикальном направлении [14]. Ходьба человека характеризуется с помощью отдельных циклов и функциональных фаз, каждая из которых способствует прямолинейности передвижения с минимальным смещением ОЦМ и адекватными энергозатратами [15, 16]. Как показано на рис. 1, цикл ходьбы состоит из двух основных фаз — опоры и переноса, делящихся на пять и три функциональные фазы [17, 18]. Отклонения в фазах походки связаны с нарушением многоуровневой системы координации двигательного акта, изменением центрального контроля функционирования базовых элементов движения (костно-суставной и мышечной систем).

Были проведены исследования походки здоровых людей с целью определения количественных диапазонов нормальных значений цикла шага (данные представлены в табл. 1) [19, 20]. Следует отметить, что определение соответствующего нормального диапазона для многих

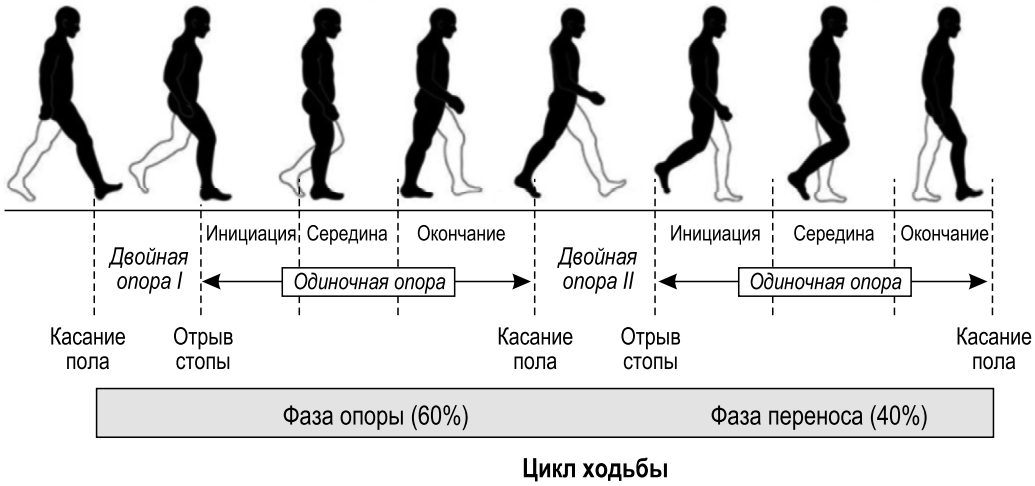

Рис. 1. Физиологический локомоторный цикл [19].
Fig. 1. Gait cycle [19].

Таблица 1. Границы нормальных значений ходьбы во взрослой здоровой популяции [23]

Table 1. Normal values of walking in healthy adult population [23]

Параметры	Границы нормальных значений
Скорость ходьбы, м/мин	99,3±16,9
Длина двойного шага, см	169±2,3
Длина шага, см	71±4,7
Фаза опоры, с	0,66±0,04
Фаза замаха, с	0,38±0,02
Частота (быстрая ходьба), шаги/мин	119±12
Одиночная опора (% от шага)	60±6,9
Двойная опора (% от шага)	22,3±1,4

характеристик — сложная задача, поскольку люди демонстрируют широкий спектр моделей походки в разных возрастных и гендерных группах в зависимости от морфофункциональных особенностей.

ГЕМИПАРЕТИЧЕСКИЙ ТИП ХОДЬБЫ

Гемипаретическая походка — наиболее распространённый тип нарушения ходьбы у больных с инсультом. Для неё характерны асимметрия, нарушение двигательного контроля и равновесия, снижение нагрузки на паретичную конечность, плавное продвижение тела вперёд, снижение скорости ходьбы и адаптации к внешним условиям, повышенные энергозатраты. Паттерны походки варьируются в зависимости от степени пареза, давности инсульта и локализации очага [21–24]. Координация конечностей и межконечностное взаимодействие заменяются крупноразмашистыми неловкими паттернами движений (синергиями) на паретичной стороне, компенсируемыми движениями таза и здоровой стороны [26]. В зависимости от скорости ходьбы и степени выраженности пареза предложена градация нарушений походки [27]:

- пациенты с «быстрой походкой» — 44% от нормальной скорости ходьбы (передвигаются без посторонней помощи);
- пациенты со «средней походкой» — 21% от нормальной скорости ходьбы (возможно передвижение без посторонней помощи);
- пациенты с «замедленной походкой на широком основании» — 11% от нормальной скорости ходьбы (необходимы дополнительные средства опоры или посторонняя помощь) [8, 27].

Разброс зарегистрированных значений, вероятно, обусловлен множеством факторов, включая различия в методиках и оборудовании для измерения степени тяжести инсульта и помощи [28–29]. Асимметрия временных параметров походки наблюдалась у 55,5% группы постинсультных пациентов с гемипарезом, в то время как пространственная асимметрия менее распространена — у 33,3% той же группы [30]. Значения симметрии трудно сравнимы между исследованиями в связи с различиями анализируемых параметров и методов математических расчётов. При исследовании простого соотношения временной асимметрии (времени паретичного шага, шага здоровой ногой) показатели варьировали от 1,23 [31] до 1,61 [32], среднее соотношение симметрии длины шага составило 0,92 [30]. Снижение скорости ходьбы и частоты шагов, характерное для гемипаретического типа походки, зависит от выраженности пареза, степени восстановления и адаптационных изменений походки [33].

Основная пространственная особенность гемипаретической походки наблюдается в различиях длины шага здоровой и поражённой конечностей. Так, длина шага паретичной конечности больше длины здорового шага, однако существует вариативность. У ряда пациентов с гемипарезом наблюдается значительная обратная асимметрия [34]. Асимметрия длины шага связана с возникновением пропульсии во время гемипаретической ходьбы: меньший парез ассоциируется с меньшей пропульсией и более длинными паретичными шагами [35]. С другой стороны, увеличение пропульсии в здоровой ноге может быть адаптационным механизмом, способствующим увеличению длины шага поражённой конечности [35]. Таким образом, асимметричная длина шага не ограничивает скорость ходьбы, что обусловлено компенсаторной генерацией тяги в здоровой конечности [36–38].

Для кинематических особенностей гемипаретической ходьбы характерны:

- изменения в фазе опоры;
- уменьшение среднего пикового разгибания тазобедренного сустава в конце фазы;
- изменение бокового смещения таза и сгибания колена;
- уменьшение подошвенного сгибания голеностопного сустава в момент отталкивания;
- снижение пикового сгибания бедра и колена в фазе переноса;
- уменьшение разгибания колена перед касанием поверхности;
- уменьшение тыльного сгибания голеностопного сустава во время переноса [37–39].

Эти изменения связаны с нарушением активации мышц, их укорочением и снижением скорости ходьбы [40]. Компенсаторные механизмы ходьбы могут приводить к аномальным угловым движениям, например, к гиперэкстензии колена для стабилизации центра тяжести при движении вперёд [41].

Анализ кинетических параметров походки учитывает фазовые параметры, оценивающие силы, воздействующие на тело и измеряемые с помощью датчиков силы, встроенных в платформу. Параметры моментов и сил получают с помощью обратной динамики, комбинируя

измерения фазовых параметров с кинематическими данными. Постинсультные параметры фаз ходьбы отличаются от показателей здоровых людей асимметричным рисунком (рис. 2), а также уменьшенными амплитудами суставных моментов и суставных сил в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах паретичной стороны [42].

У пациентов с гемипаретическим нарушением походки наблюдаются три основных типа вертикальных графиков фазовых параметров [43, 44]:

- 1 — график с двумя вертикальными пиками силы, возникающими при нагрузке конечности и отталкивании, и падением кривой в средней фазе шага,

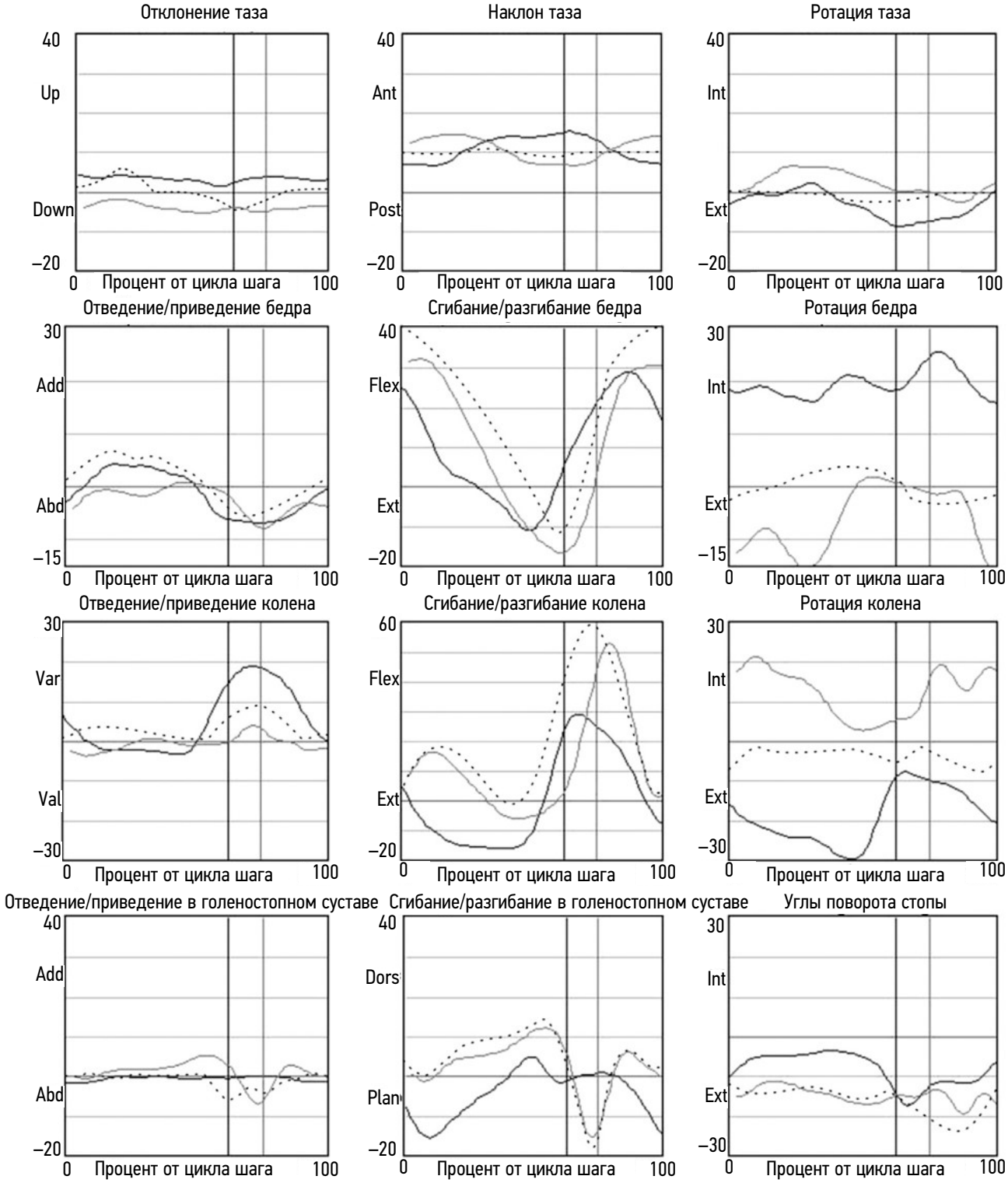

Рис. 2. Кинетические параметры гемипаретической походки.
Fig. 2. Kinetic parameters of hemiparetic gait.

DOI: https://doi.org/10.17816/rjpbr640864

аналогичной той, что наблюдается у здоровых людей;
- 2 — относительно постоянный положительный компонент силы во время шага и несколько нерегулярных пиков;
- 3 — один вертикальный пик силы в начале шага, который постепенно снижается до нуля в поздней фазе шага.

Отмечена значимая связь между фазовыми параметрами шага и паттерном контакта стопы (начальный контакт пятки, полной стопы, передней части стопы) у пациентов с инсультом [45]. Ряд исследователей отмечают, что у пациентов с инсультом суммарный положительный момент силы и мощности в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах имеет схожие профили со здоровыми людьми при ходьбе с низкой скоростью, однако отличается меньшей амплитудой в обеих конечностях и на поражённой стороне по сравнению со здоровой ногой [42]. Обнаружено, что амплитуда нескольких кинетических параметров (например, силовых импульсов бедра) имеет положительную связь со скоростью походки, показателями силы мышц (например, подошвенных сгибателей) пациентов с инсультом [46].

Некоторые исследования показали, что можно использовать динамику пространственного и временного распределения подошвенного давления и смещение центра давления (ЦД) [46–49]. У пациентов с постинсультными нарушениями походки зарегистрированы низкие пики подошвенного давления паретичной стопы по сравнению со здоровой [47], ранний контакт передней части паретичной стопы [46], асимметрия распределения подошвенного давления по подошвенной поверхности стопы между поражённой и здоровой конечностями, а также вариабельность ЦД [45, 47, 49]. В недавнем исследовании L. Rusu и соавт. рассмотрели воспроизводимость оценки подошвенного давления у пациентов с инсультом и отметили хорошую или отличную воспроизводимость для всех участков стопы за исключением пальцев [48].

АТАКТИЧЕСКИЙ ТИП ХОДЬБЫ

Изолированное поражение мозжечка встречается в 2–3% случаев от общего числа инсультов и лишь у 40% этих больных возникает характерный симптом атаксии конечностей и нарушение ходьбы [50–52]. Инфаркт в бассейне верхней артерии мозжечка вызывает поражение его полушария, что приводит к выраженной атаксии конечностей в сочетании с атаксией походки и дизартрией при поражении червя мозжечка. Инфаркт в бассейне задней нижней мозжечковой артерии приводит к неустойчивости походки и нарушению осанки, нистагму и головокружению [51]. Подробно описаны кинетические и кинематические особенности атактической походки в виде:
- нарушения пространственно-временных и суставных кинематических параметров;
- увеличения ширины шага;
- уменьшения диапазона движения в голеностопном суставе и повышенной вариабельности походки;
- нарушения постановки стопы;
- межсуставной и межсегментной координации в поражённой конечности;
- координаторных и постуральных расстройств;
- аномальной пространственно-временной активации мышц нижних конечностей [53–56].

Увеличенная площадь опоры является выражением компенсаторной стратегии, используемой для поддержания равновесия при ходьбе. Она направлена на увеличение запаса устойчивости путём перемещения центра тяжести в медиально-латеральном направлении [57]. Другие стратегии безопасности при атаксии включают усиление ко-активации мышц, фиксирующих сустав, для придания ему жёсткости, что позволяет лучше контролировать ускорение центра масс и смещение верхней части тела вперёд для увеличения расстояния между центром тяжести и задним краем стопы в задне-переднем направлении [56, 57]. В том числе увеличивается расстояние между верхней и контрлатеральной нижней конечностями, что связано с общей устойчивостью [58]. Первичный дефицит в основе атактической походки отражается в отсутствии суставной координации, что приводит к нарушению внутрисуставного взаимодействия и связи сегментов верхней и нижней частей тела во время ходьбы [58]. Недавние исследования атаксии походки подтвердили вовлечение аномального набора мышц нижних конечностей с увеличенными пиковыми значениями и временными сдвигами в мышцах агонистах и антагонистах [59]. В результате движения нижних конечностей зачастую сопровождаются компенсаторными размашистыми движениями верхних конечностей с целью поддержания баланса [60].

Главной отличительной чертой атактической походки является её размашистость и нескоординированность, больной заваливается и шатается, передвигаясь с увеличенной опорой, при этом скорость ходьбы снижается незначительно. У больных, перенёсших инсульт, чаще изменения ходьбы носят смешанный характер с преобладаем паретического или атактического типа патологической походки.

АПРАКСИЯ ХОДЬБЫ

Апраксия ходьбы — это нарушения походки, сопровождающие заболевания мелких сосудов головного мозга, гидроцефалию нормального давления и другие лобные расстройства. Апраксия ходьбы используется для описания таких нарушений походки как замирание, нерешительность при начале движения и нарушение равновесия, необъяснимые вестибулярными, сенсорными

или мозжечковыми расстройствами [61]. Апраксия возникает при поражении коры доминантного полушария и устанавливается на основе изучения движений конечностей (как правило, рук). План движения конечности возникает в доминантной теменной доле, передаётся в премоторную и дополнительную моторную область, в первичную моторную зону, а затем по кортикоспинальным трактам в двигательные нейроны конечностей спинного мозга [62]. При работе недоминантной руки схема движения сначала передаётся по мозолистому телу в недоминантную премоторную область, а затем вниз по тому же пути. Апраксия конечностей, включая идеомоторную, идеаторную, идеокинетическую и кинетическую, возникает в результате поражения зон коры и связанных с ней подкорковых путей (лобной и теменной коры, базальных ганглий и трактов белого вещества), участвующих в обучении и реализации сложных двигательных планов [61]. Апраксические движения присутствуют постоянно, они дезорганизованы и не имеют сходных паттернов при каждом повторении, но оказывают значимое влияние на повседневное функционирование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарушение ходьбы у пациентов с инсультом — сложная комплексная проблема, поскольку клинические проявления обусловлены не только поражением моторных или сенсорных центров, но и дисфункцией интегративной системы связей головного мозга. Часто наблюдаются смешанные типы нарушения походки, например, сочетание пареза с атаксией или апраксией, а иногда и всех типов двигательных расстройств. Неврологическое обследование должно включать наблюдение за тем, как пациенты сидят, стоят и переворачиваются в постели, а не только ходят и разворачиваются. Кинетический и кинематический анализ походки имеет широкие возможности применения на различных стадиях постинсультного периода, в том числе в качестве диагностического инструмента для количественной оценки и измерения параметров силы, скорости и объёма движений у больных с инсультом с целью разработки и коррекции персонализированных стратегий реабилитации. Он также может быть использован как средство непрерывной оценки восстановления, обеспечивая безопасность пациента, и, с учётом особенностей нейропластичности головного мозга, в различных временных периодах инсульта. Знания об особенностях биомеханических нарушений ходьбы после инсульта необходимы для взаимодействия специалистов мультидисциплинарной реабилитационной команды при составлении индивидуальных программ с целью достижения лучшего функционального и двигательного восстановления.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства 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 распределён следующим образом: М.С. Филиппов — сбор и анализ литературных источников; И.В. Погонченкова — редактирование текста статьи; Г.М. Лутохин — подготовка и написание текста статьи; Е.А. Майоров — обзор литературы.

ADDITIONAL INFORMATION

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution: All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. M.S. Filippov — collecting and analyzing literary sources; I.V. Pogonchenkova — provided critical reagents and samples; G.M. Lutokhin — wrote the manuscript with input from all authors; E.A. Mayorov — collecting and analyzing literary sources.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gerstl J.V.E., Blitz S.E., Qu Q.R., et al. Global, Regional, and National Economic Consequences of Stroke // Stroke. 2023. Vol. 54, N 9. P. 2380–2389. doi: 10.1161/STROKEAHA.123.043131
2. Игнатьева В.И., Вознюк И.А., Шамалов Н.А., и др. Социально-экономическое бремя инсульта в Российской Федерации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2023. Т. 123, № 8–2. С. 5–15. doi: 10.17116/jnevro20231230825
3. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020. Т. 120, № 11. С. 99–107. doi: 10.17116/jnevro202012011199
4. Rosenblum D. Stroke Recovery and Rehabilitation // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2010. Vol. 89, N 8. P. 687. doi: 10.1097/PHM.0b013e3181e722c8
5. Хатькова С.Е., Костенко Е.В., Акулов М.А., и др. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2019. Т. 119, № 12–2. С. 43–50. doi: 10.17116/jnevro201911912243

6. Ozgozen S., Guzel R., Basaran S., Coskun Benlidayi I. Residual Deficits of Knee Flexors and Plantar Flexors Predict Normalized Walking Performance in Patients with Poststroke Hemiplegia // Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. 2020. T. 29, N 4. P. 104658. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104658
7. Lamontagne A., Malouin F., Richards C.L., et al. Contribution of passive stiffness to ankle plantarflexor moment during gait after stroke // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2000. Vol. 81, N 3. P. 351–358. doi: 10.1016/S0003-9993(00)90083-2
8. Mansfield A., Inness E.L., Mcilroy W.E. Chapter 13 — Stroke // Handbook of Clinical Neurology. 2018. Vol. 159. P. 205–228. doi: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00013-6
9. Nadeau S., Arsenault A.B., Gravel D., Bourbonnais D. Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1999. Vol. 78, N 2. P. 123–130. doi: 10.1097/00002060-199903000-00007
10. Lee H.H., Lee J.W., Kim B.R., et al. Predicting independence of gait by assessing sitting balance through sitting posturography in patients with subacute hemiplegic stroke // Topics in Stroke Rehabilitation. 2021. Vol. 28, N 4. P. 258–267. doi: 10.1080/10749357.2020.1806437
11. Manto M., Serrao M., Filippo Castiglia S., et al. Neurophysiology of cerebellar ataxias and gait disorders // Clinical Neurophysiology Practice. 2023. Vol. 8. P. 143–160. doi: 10.1016/j.cnp.2023.07.002
12. Pedroso J.L., Vale T.C., Braga-Neto P., et al. Acute cerebellar ataxia: differential diagnosis and clinical approach // Arq. Neuro-Psiquiatr. 2019. Vol. 77, N 3. P. 184–193. doi: 10.1590/0004-282X20190020
13. Rounis E., Binkofski F. Limb Apraxias: The Influence of Higher Order Perceptual and Semantic Deficits in Motor Recovery After Stroke // Stroke. 2023. Vol. 54, N 1. P. 30–43. doi: 10.1161/STROKEAHA.122.037948
14. Alashram A.R., Annino G., Aldajah S., Raju M., Padua E. Rehabilitation of limb apraxia in patients following stroke: A systematic review // Applied Neuropsychology: Adult. 2022. Vol. 29, N 6. P. 1658–1668. doi: 10.1080/23279095.2021.1900188
15. Солодимова Г.А., Спиркин А.Н. Информационно-измерительная система бионического протеза нижней конечности // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2018. № 1 (23). С. 57–65. doi: 10.21685/2307-5538-2018-1-9
16. Yeo S.S. Changes of Gait Variability by the Attention Demanding Task in Elderly Adults // The Korea Society of Physical Therapy. 2017. Vol. 29, N 6. P. 303–306. doi: 10.18857/jkpt.2017.29.6.303
17. Winter D.A. Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological // Waterloo Biomechanics. 1991.
18. Cicarello N.D.S., Bohrer R.C.D., Devetak G.F., et al. Control of center of mass during gait of stroke patients: Statistical parametric mapping analysis // Clinical Biomechanics. 2023. Vol. 107. P. 106005. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2023.106005
19. Perry J., Slac T., Davids J.R. Gait Analysis: Normal and Pathological Function // Journal of Pediatric Orthopaedics. 1992. Vol. 12, N 6. P. 815. doi: 10.1097/01241398-199211000-00023
20. Fukuchi C.A., Fukuchi R.K., Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis // Syst Rev. 2019. Vol. 8. P. 153. doi: 10.1186/s13643-019-1063-z
21. Auvinet B., Berrut G., Touzard C., et al. Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device // Gait & Posture. 2002. Vol. 16, N 2. P. 124–134. doi: 10.1016/S0966-6362(01)00203-X
22. Al-Obaidi S., Wall J.C., Al-Yaqoub A., Al-Ghanim M. Basic gait parameters: a comparison of reference data for normal subjects 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia // J Rehabil Res Dev. 2003. Vol. 40, N 4. P. 361–6. doi: 10.1682/jrrd.2003.07.0361
23. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилометрия. Москва: Науч.-мед. фирма МБН, 2007. 617 с..
24. Mohan D.M., Khandoker A.H., Wasti S.A., et al. Assessment Methods of Post-stroke Gait: A Scoping Review of Technology-Driven Approaches to Gait Characterization and Analysis // Front. Neurol. 2021. Vol. 12. P. 650024. doi: 10.3389/fneur.2021.650024
25. Беляева И.А., Мартынов М.Ю., Пехова Я.Г., и др. Связь двигательного стереотипа и локализации очага в раннем восстановительном периоде легкого ишемического инсульта // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2019. № 119 (32). С. 5361. doi: 10.17116/jnevro201911903253
26. Хатькова С.Е., Костенко Е.В., Акулов М.А., и др. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2019. № 119. С. 4350. doi: 10.17116/jnevro201911912243
27. Li S., Francisco G.E., Zhou P. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights // Front. Physiol. 2018. Vol. 9. P. 1021. doi: 10.3389/fphys.2018.01021
28. Jonsdottir J., Recalcati M., Rabuffetti M., et al. Functional resources to increase gait speed in people with stroke: strategies adopted compared to healthy controls // Gait & Posture. 2009. Vol. 29, N 3. P. 355–359. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.01.008
29. De Quervain I.A., Simon S.R., Leurgans S., Pease W.S., McAllister D. Gait Pattern in the Early Recovery Period after Stroke // The Journal of Bone & Joint Surgery. 1996. Vol. 78, N 10. P. 1506–1514. doi: 10.2106/00004623-199610000-00008
30. Patterson K.K., Parafianowicz I., Danells C.J., et al. Gait Asymmetry in Community-Ambulating Stroke Survivors // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2008. Vol. 89, N 2. P. 304–310. doi: 10.1016/j.apmr.2007.08.142
31. Dettmann M.A., Linder M.T., Sepic S.B. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1987. Vol. 66, N 2. P. 77–90.
32. Brandstater M.E., de Bruin H., Gowland C., Clark B.M. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1983. Vol. 64, N 12. P. 583–587.
33. Kim H., Kim Y.H., Kim S.J., Choi M.T. Pathological gait clustering in post-stroke patients using motion capture data // Gait & Posture. 2022. Vol. 94. P. 210–216. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.03.007
34. Krasovsky T., Levin M.F. Review: Toward a Better Understanding of Coordination in Healthy and Poststroke Gait // Neurorehabilitation and Neural Repair. 2010. Vol. 24, N 3. P. 213–224. doi: 10.1177/1545968309348509
35. Roelker S.A., Bowden M.G., Kautz S.A., Neptune R.R. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional

motor recovery post-stroke: A review // Gait & Posture. 2019. Vol. 68. P. 6–14. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.10.027

36. Chen C., Leys D., Esquenazi A. The interaction between neuropsychological and motor deficits in patients after stroke // Neurology. 2013. Vol. 80, N 3. P. 27–34. doi: 10.1212/WNL.0b013e3182762569

37. Padmanabhan P., Rao K.S., Gulhar S., et al. Persons post-stroke improve step length symmetry by walking asymmetrically // Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation. 2020. Vol. 17. P. 105. doi: 10.1186/s12984-020-00732-z

38. Motoya R., Yamamoto S., Naoe M., et al. Classification of abnormal gait patterns of poststroke hemiplegic patients in principal component analysis // Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science. 2021. Vol. 12. P. 70–77. doi: 10.11336/jjcrs.12.70

39. Скворцов Д.В., Булатова М.А., Ковражкина Е.А., и др. Комплексное исследование биомеханики движений у пациентов с постинсультными гемипарезами // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2012. Т. 112, № 6. С. 4549.

40. Brough L.G., Kautz S.A., Neptune R.R. Muscle contributions to pre-swing biomechanical tasks influence swing leg mechanics in individuals post-stroke during walking // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2022. Vol. 19. P. 55. doi: 10.1186/s12984-022-01029-z

41. Nadeau S., Betschart M., Bethoux F. Gait Analysis for Poststroke Rehabilitation: The Relevance of Biomechanical Analysis and the Impact of Gait Speed // Phys Med Rehabil Clin. 2013. Vol. 24, N 2. P. 265–276. doi: 10.1016/j.pmr.2012.11.007

42. Woolley S.M. Characteristics of Gait in Hemiplegia // Topics in Stroke Rehabilitation. 2001. Vol. 7, N 4. P. 1–18. doi: 10.1310/JB16-V04F-JAL5-H1UV

43. Carlsöö S., Dahlöf A., Holm J. Kinetic analysis of the gait in patients with hemiparesis and in patients with intermittent claudication // Scand J Rehabil Med. 1974. Vol. 6, N 4. P. 166–179.

44. Wong A.M., Pei Y.C., Hong W.H., et al. Foot contact pattern analysis in hemiplegic stroke patients: an implication for neurologic status determination // Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2004. Vol. 85. P. 1625–30. doi: 10.1016/j.apmr.2003.11.039

45. Lamontagne A., Stephenson J.L., Fung J. Physiological evaluation of gait disturbances post stroke // Clinical Neurophysiology. 2007. Vol. 118, N 4. P. 717–729. doi: 10.1016/j.clinph.2006.12.013

46. Rogers A., Morrison S.C., Gorst T., et al. Repeatability of plantar pressure assessment during barefoot walking in people with stroke // Journal of Foot and Ankle Research. 2020. Vol. 13, N 1. P. 39. doi: 10.1186/s13047-020-00407-x

47. Sanghan S., Chatpun S., Leelasamran W. Plantar pressure difference: decision criteria of motor relearning feedback insole for hemiplegic patients // Int Proc Chem Biol Environ Eng. 2012. Vol. 29. P. 29–33.

48. Rusu L., Paun E., Marin M.I., et al. Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation // Brain Sci. 2021. Vol. 11, N 9. P. 1213. doi: 10.3390/brainsci11091213

49. Rogers A., Morrison S.C., Gorst T., et al. Repeatability of plantar pressure assessment during barefoot walking in people with stroke // J Foot Ankle Res. 2020. Vol. 13, N 1. P. 39. doi: 10.1186/s13047-020-00407-x

50. Datar S., Rabinstein A.A. Cerebellar infarction // Neurologic Clinics. 2014. Vol. 32, N 4. P. 979–91. doi: 10.1016/j.ncl.2014.07.007

51. Lee S.H., Kim J.S. Acute Diagnosis and Management of Stroke Presenting Dizziness or Vertigo // Neurologic Clinics. 2015. Vol. 33, N 3. P. 687–98. doi: 10.1016/j.ncl.2015.04.006

52. Edlow J.A., Newman-Toker D.E., Savitz S.I. Diagnosis and initial management of cerebellar infarction // The Lancet Neurology. 2008. Vol. 7, N 10. P. 951–964. doi: 10.1016/S1474-4422(08)70216-3

53. Cabaraux P., Agrawal S.K., Cai H., et al. Consensus Paper: Ataxic Gait // Cerebellum. 2023. Vol. 22. P. 394–430. doi: 10.1007/s12311-022-01373-9

54. Kumar A., Lin C.C., Kuo S.H., Pan M.K. Physiological Recordings of the Cerebellum in Movement Disorders // Cerebellum. 2023. Vol. 22. P. 985–1001. doi: 10.1007/s12311-022-01473-6

55. Serrao M., Pierelli F., Sinibaldi E., et al. Progressive Modular Rebalancing System and Visual Cueing for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: A Pilot, Randomized, Controlled Trial with Crossover // Front. Neurol. 2019. Vol. 10. doi: 10.3389/fneur.2019.00902

56. Fiori L., Ranavolo A., Varrecchia T., et al. Impairment of Global Lower Limb Muscle Coactivation During Walking in Cerebellar Ataxias // Cerebellum. 2020. Vol. 19. P. 583–596. doi: 10.1007/s12311-020-01142-6

57. Serrao M., Chini G., Casali C., et al. Progression of Gait Ataxia in Patients with Degenerative Cerebellar Disorders: a 4-Year Follow-Up Study // Cerebellum. 2017. Vol. 16. P. 629–637. doi: 10.1007/s12311-016-0837-2

58. Serrao M., Conte C., Casali C., et al. Sudden Stopping in Patients with Cerebellar Ataxia // Cerebellum. 2013. Vol. 12. P. 607–616. doi: 10.1007/s12311-013-0467-x

59. Conte C., Serrao M., Cuius L., et al. Effect of Restraining the Base of Support on the Other Biomechanical Features in Patients with Cerebellar Ataxia // Cerebellum. 2018. Vol. 17. P. 264–275. doi: 10.1007/s12311-017-0897-y

60. Dale M.L., Curtze C., Nutt J.G. Apraxia of gait- or apraxia of postural transitions? // Parkinsonism & Related Disorders. 2018. Vol. 50. P. 19–22. doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.02.024

61. Zadikoff C., Lang A.E. Apraxia in movement disorders // Brain. 2005. Vol. 128, N 7. P. 1480–1497. doi: 10.1093/brain/awh560

62. Grigorieva V.N. Classification and diagnosis of apraxia // S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2015. Vol. 115. P. 26–35. doi: 10.17116/jnevro20151156226-35

REFERENCES

1. Gerstl JVE, Blitz SE, Qu QR, et al. Global, Regional, and National Economic Consequences of Stroke. *Stroke*. 2023;54(9):2380–2389. doi: 10.1161/STROKEAHA.123.043131

2. Ignatyeva VI, Voznyuk IA, Shamalov NA, et al. Social and economic burden of stroke in Russian Federation. *S.S. Korsakov*

Journal of Neurology and Psychiatry. 2023;123(8–2):5–15. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro20231230825

3. Levin OS, Bogolepova AN. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2020;120(11):99–107. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro202012011199
4. Rosenblum D. Stroke Recovery and Rehabilitation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2010;89(8):687. doi: 10.1097/PHM.0b013e3181e722c8
5. Khat'kova SE, Kostenko EV, Akulov MA, et al. Modern aspects of the pathophysiology of walking disorders and their rehabilitation in post-stroke patients. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019;119(12–2):43–50. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro201911912243
6. Ozgozen S, Guzel R, Basaran S, Coskun Benlidayi I. Residual Deficits of Knee Flexors and Plantar Flexors Predict Normalized Walking Performance in Patients with Poststroke Hemiplegia. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2020;29(4):104658. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104658
7. Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, et al. Contribution of passive stiffness to ankle plantarflexor moment during gait after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000;81(3):351–358. doi: 10.1016/S0003-9993(00)90083-2
8. Mansfield A, Inness EL, Mcilroy WE. Chapter 13 — Stroke. *Handbook of Clinical Neurology*. 2018;159:205–228. doi: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00013-6
9. Nadeau S, Arsenault AB, Gravel D, Bourbonnais D. Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1999;78(2):123–130. doi: 10.1097/00002060-199903000-00007
10. Lee HH, Lee JW, Kim BR, et al. Predicting independence of gait by assessing sitting balance through sitting posturography in patients with subacute hemiplegic stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2021;28(4):258–267. doi: 10.1080/10749357.2020.1806437
11. Manto M, Serrao M, Filippo Castiglia S, et al. Neurophysiology of cerebellar ataxias and gait disorders. *Clinical Neurophysiology Practice*. 2023;8:143–160. doi: 10.1016/j.cnp.2023.07.002
12. Pedroso JL, Vale TC, Braga-Neto P, et al. Acute cerebellar ataxia: differential diagnosis and clinical approach. *Arq. Neuro-Psiquiatr*. 2019;77(3):184–193. doi: 10.1590/0004-282X20190020
13. Rounis E, Binkofski F. Limb Apraxias: The Influence of Higher Order Perceptual and Semantic Deficits in Motor Recovery After Stroke. *Stroke*. 2023;54(1):30–43. doi: 10.1161/STROKEAHA.122.037948
14. Alashram AR, Annino G, Aldajah S, Raju M, Padua E. Rehabilitation of limb apraxia in patients following stroke: A systematic review. *Applied Neuropsychology: Adult*. 2022;29(6):1658–1668. doi: 10.1080/23279095.2021.1900188
15. Solodimova GA, Spirkin AN. Information and measuring system of the bionic prosthesis of the lower limb. *Measuring. Monitoring. Management. Control*. 2018(1):57–65. doi: 10.21685/2307-5538-2018-1-9
16. Yeo SS. Changes of Gait Variability by the Attention Demanding Task in Elderly Adults. *The Korea Society of Physical Therapy*. 2017;29(6):303–306. doi: 10.18857/jkpt.2017.29.6.303
17. Winter DA. Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological. *Waterloo Biomechanics*. 1991.
18. Cicarello NDS, Bohrer RCD, Devetak GF, et al. Control of center of mass during gait of stroke patients: Statistical parametric mapping analysis. *Clinical Biomechanics*. 2023;107:106005. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2023.106005
19. Perry J, Slac T, Davids JR. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. *Journal of Pediatric Orthopaedic*s. 1992;12(6):815. doi: 10.1097/01241398-199211000-00023
20. Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2019;8:153. doi: 10.1186/s13643-019-1063-z
21. Auvinet B, Berrut G, Touzard C, et al. Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait & Posture*. 2002;16(2):124–134. doi: 10.1016/S0966-6362(01)00203-X
22. Al-Obaidi S, Wall JC, Al-Yaqoub A, Al-Ghanim M. Basic gait parameters: a comparison of reference data for normal subjects 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia. *J Rehabil Res Dev*. 2003;40(4):361–6. doi: 10.1682/jrrd.2003.07.0361
23. Skvortsov DV. Diagnostics of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry. Moscow: Scientific and medical firm MBN, 2007. (In Russ.)
24. Mohan DM, Khandoker AH, Wasti SA, et al. Assessment Methods of Post-stroke Gait: A Scoping Review of Technology-Driven Approaches to Gait Characterization and Analysis. *Front. Neurol*. 2021;12:650024. doi: 10.3389/fneur.2021.650024
25. Belayeva IA, Martynov MYu, Pehova YaG, et al. Movement pattern in the early rehabilitation period after ischemic stroke and the effect of lesion location. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019;119(3):53–61. (In Russ.) doi: 10.17116/jnevro201911903253
26. Khat'kova SE, Kostenko EV, Akulov MA, et al. Modern aspects of the pathophysiology of walking disorders and their rehabilitation in post-stroke patients. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2019;119(12–2):43–50. (In Russ) doi: 10.17116/jnevro201911912243
27. Li S, Francisco GE, Zhou P. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. Front. *Physiol*. 2018;9:1021. doi: 10.3389/fphys.2018.01021
28. Jonsdottir J, Recalcati M, Rabuffetti M, et al. Functional resources to increase gait speed in people with stroke: strategies adopted compared to healthy controls. *Gait & Posture*. 2009;29(3):355–359. doi: 10.1016/j.gaitpost.2009.01.008
29. De Quervain IA, Simon SR, Leurgans S, Pease WS, McAllister D. Gait Pattern in the Early Recovery Period after Stroke. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1996;78(10):1506–1514. doi: 10.2106/00004623-199610000-00008
30. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait Asymmetry in Community-Ambulating Stroke Survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2):304–310. doi: 10.1016/j.apmr.2007.08.142
31. Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1987;66(2):77–90.

32. Brandstater ME, de Bruin H, Gowland C, Clark BM. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1983;64(12):583–587.
33. Kim H, Kim YH, Kim SJ, Choi MT. Pathological gait clustering in post-stroke patients using motion capture data. *Gait & Posture*. 2022;94:210–216. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.03.007
34. Krasovsky T, Levin MF. Review: Toward a Better Understanding of Coordination in Healthy and Poststroke Gait. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2010;24(3):213–224. doi: 10.1177/1545968309348509
35. Roelker SA, Bowden MG, Kautz SA, Neptune RR. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: A review. *Gait & Posture*. 2019;68:6–14. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.10.027
36. Chen C, Leys D, Esquenazi A. The interaction between neuropsychological and motor deficits in patients after stroke. *Neurology*. 2013;80(3):27–34. doi: 10.1212/WNL.0b013e3182762569
37. Padmanabhan P, Rao KS, Gulhar S, et al. Persons post-stroke improve step length symmetry by walking asymmetrically. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*. 2020;17:105. doi: 10.1186/s12984-020-00732-z
38. Motoya R, Yamamoto S, Naoe M, et al. Classification of abnormal gait patterns of poststroke hemiplegic patients in principal component analysis. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*. 2021;12:70–77. doi: 10.11336/jjcrs.12.70
39. Skvortsov DV, Bulatova MA, Kovrazhkina EA, et al. A complex study of the movement biomechanics in patients with post-stroke hemiparesis. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2012;112(6):45–49. (In Russ.)
40. Brough LG, Kautz SA, Neptune RR. Muscle contributions to pre-swing biomechanical tasks influence swing leg mechanics in individuals post-stroke during walking. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2022;19:55. doi: 10.1186/s12984-022-01029-z
41. Nadeau S, Betschart M, Bethoux F. Gait Analysis for Poststroke Rehabilitation: The Relevance of Biomechanical Analysis and the Impact of Gait Speed. *Phys Med Rehabil Clin*. 2013;24(2):265–276. doi: 10.1016/j.pmr.2012.11.007
42. Woolley SM. Characteristics of Gait in Hemiplegia. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2001;7(4):1–18. doi: 10.1310/JB16-V04F-JAL5-H1UV
43. Carlsöö S, Dahlöf A, Holm J. Kinetic analysis of the gait in patients with hemiparesis and in patients with intermittent claudication. *Scand J Rehabil Med*. 1974;6(4):166–179.
44. Wong AM, Pei YC, Hong WH, et al. Foot contact pattern analysis in hemiplegic stroke patients: an implication for neurologic status determination. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85:1625–30. doi: 10.1016/j.apmr.2003.11.039
45. Lamontagne A, Stephenson JL, Fung J. Physiological evaluation of gait disturbances post stroke. *Clinical Neurophysiology*. 2007;118(4):717–729. doi: 10.1016/j.clinph.2006.12.013
46. Rogers A, Morrison SC, Gorst T, et al. Repeatability of plantar pressure assessment during barefoot walking in people with stroke. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2020;13(1):39. doi: 10.1186/s13047-020-00407-x
47. Sanghan S, Chatpun S, Leelasamran W. Plantar pressure difference: decision criteria of motor relearning feedback insole for hemiplegic patients. *Int Proc Chem Biol Environ Eng*. 2012;29:29–33.
48. Rusu L, Paun E, Marin MI, et al. Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation. *Brain Sci*. 2021;11(9):1213. doi: 10.3390/brainsci11091213
49. Rogers A, Morrison SC, Gorst T, et al. Repeatability of plantar pressure assessment during barefoot walking in people with stroke. *J Foot Ankle Res*. 2020;13(1):39. doi: 10.1186/s13047-020-00407-x
50. Datar S, Rabinstein AA. Cerebellar infarction. *Neurologic Clinics*. 2014;32(4):979–91. doi: 10.1016/j.ncl.2014.07.007
51. Lee SH, Kim JS. Acute Diagnosis and Management of Stroke Presenting Dizziness or Vertigo. *Neurologic Clinics*. 2015;33(3):687–98. doi: 10.1016/j.ncl.2015.04.006
52. Edlow JA, Newman-Toker DE, Savitz SI. Diagnosis and initial management of cerebellar infarction. *The Lancet Neurology*. 2008;7(10):951–964. doi: 10.1016/S1474-4422(08)70216-3
53. Cabaraux P, Agrawal SK, Cai H, et al. Consensus Paper: Ataxic Gait. *Cerebellum*. 2023;22:394–430. doi: 10.1007/s12311-022-01373-9
54. Kumar A, Lin CC, Kuo SH, Pan MK. Physiological Recordings of the Cerebellum in Movement Disorders. *Cerebellum*. 2023;22:985–1001. doi: 10.1007/s12311-022-01473-6
55. Serrao M, Pierelli F, Sinibaldi E, et al. Progressive Modular Rebalancing System and Visual Cueing for Gait Rehabilitation in Parkinson's Disease: A Pilot, Randomized, Controlled Trial with Crossover. *Front. Neurol*. 2019;10. doi: 10.3389/fneur.2019.00902
56. Fiori L, Ranavolo A, Varrecchia T, et al. Impairment of Global Lower Limb Muscle Coactivation During Walking in Cerebellar Ataxias. *Cerebellum*. 2020;19:583–596. doi: 10.1007/s12311-020-01142-6
57. Serrao M, Chini G, Casali C, et al. Progression of Gait Ataxia in Patients with Degenerative Cerebellar Disorders: a 4-Year Follow-Up Study. *Cerebellum*. 2017;16:629–637. doi: 10.1007/s12311-016-0837-2
58. Serrao M, Conte C, Casali C, et al. Sudden Stopping in Patients with Cerebellar Ataxia. *Cerebellum*. 2013;12:607–616. doi: 10.1007/s12311-013-0467-x
59. Conte C, Serrao M, Cuius L, et al. Effect of Restraining the Base of Support on the Other Biomechanical Features in Patients with Cerebellar Ataxia. *Cerebellum*. 2018;17:264–275. doi: 10.1007/s12311-017-0897-y
60. Dale ML, Curtze C, Nutt JG. Apraxia of gait- or apraxia of postural transitions? *Parkinsonism & Related Disorders*. 2018;50:19–22. doi: 10.1016/j.parkreldis.2018.02.024
61. Zadikoff C, Lang AE. Apraxia in movement disorders. *Brain*. 2005;128(7):1480–1497. doi: 10.1093/brain/awh560
62. Grigorieva VN. Classification and diagnosis of apraxia. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2015;115:26–35. doi: 10.17116/jnevro20151156226-35

ОБ АВТОРАХ

*** Лутохин Глеб Михайлович,** канд. мед. наук;
адрес: Россия, 127206, Москва, ул. Вучетича, д. 21;
ORCID: 0000-0003-1312-9797;
eLibrary SPIN: 8589-8530;
e-mail: gleb.lutohin@gmail.com

Филиппов Максим Сергеевич;
ORCID: 0000-0001-9522-5082;
eLibrary SPIN: 8103-6730;
e-mail: apokrife@bk.ru

Погонченкова Ирэна Владимировна, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-5123-5991;
eLibrary SPIN: 8861-7367;
e-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

Майоров Егор Андреевич;
ORCID: 0000-0001-6754-5214;
eLibrary SPIN: 2357-8306;
e-mail: smotrinao@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Gleb M. Lutokhin,** MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 21 Vucheticha street, 127206 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0003-1312-9797;
eLibrary SPIN: 8589-8530;
e-mail: gleb.lutohin@gmail.com

Maksim S. Filippov;
ORCID: 0000-0001-9522-5082;
eLibrary SPIN: 8103-6730;
e-mail: apokrife@bk.ru

Irena V. Pogonchenkova, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-5123-5991;
eLibrary SPIN: 8861-7367;
e-mail: pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

Egor A. Mayorov;
ORCID: 0000-0001-6754-5214;
eLibrary SPIN: 2357-8306;
e-mail: smotrinao@gmail.com

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author