

УДК 616.831-005.1-06:616,7]-089.23:612.76

DOI 10.17816/pmj3539-14

## ЗНАЧЕНИЕ ОЦЕНКИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ИНСУЛЬТА

*Н.Б. Щеколова<sup>1\*</sup>, В.А. Бронников<sup>1,2</sup>, В.М. Ладейщиков<sup>1</sup>, А.М. Зиновьев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера,

<sup>2</sup>Центр комплексной реабилитации инвалидов, г. Пермь, Россия

## SIGNIFICANCE OF BIOMECHANICAL INDICES ASSESSMENT IN ORTHOPEDIC CORRECTION OF MOTOR DISORDERS IN PATIENTS FOLLOWING CEREBRAL STROKE

*N.B. Schekolova<sup>1\*</sup>, V.A. Bronnikov<sup>1,2</sup>, V.M. Ladeischikov<sup>1</sup>, A.M. Zinoviev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Academician Ye.A. Vagner Perm State Medical University,

<sup>2</sup>Center for Complex Rehabilitation of Invalids, Perm, Russian Federation

**Цель.** Изучить биомеханические особенности ортопедических нарушений у постинсультных больных и оценить возможности их коррекции.

**Материалы и методы.** Обследованы 132 человека в позднем восстановительном периоде после перенесенного церебрального инсульта. Диагностика состояния биомеханики опорно-двигательной системы осуществлялась с использованием реабилитационных комплексов TRUST-M и ST-150.

**Результаты.** В позднем восстановительном периоде инсульта было характерно уменьшение темпа и времени ходьбы, увеличение цикла шага. Нарушалась скорость передвижения. Сочетание боли, спастичности, контрактур и функциональной асимметрии длины конечностей определило формирование индивидуального варианта двигательного патологического стереотипа больного. При проведении корреляционного анализа выявлена выраженная взаимосвязь тяжести ортопедических нарушений с асимметрией таза и длины конечностей. Для коррекции биомеханических нарушений рекомендовали комплексное ортопедическое лечение с назначением протезно-ортопедических изделий, которые давали возможность пациенту передвигаться и обеспечивали стабильное удержание сегментов конечности в заданном положении.

**Выводы.** Биомеханические показатели характеризуют тяжесть ортопедической патологии в позднем восстановительном периоде церебрального инсульта. Биомеханические нарушения связаны с уменьшением темпа и времени ходьбы, увеличением цикла шага, нарушением скорости передвижения. Своевременность биомеханической ортопедической диагностики и адекватность назначения протезно-ортопедических изделий являются залогом эффективности реабилитационных мероприятий после перенесенного инсульта.

**Ключевые слова.** Поздний восстановительный период церебрального инсульта, ортопедические нарушения, биомеханические показатели.

© Щеколова Н.Б., Бронников В.А., Ладейщиков В.М., Зиновьев А.М., 2018

тел. +7 342 221 54 16

e-mail: nb\_sh@mail.ru

[Щеколова Н.Б. (\*контактное лицо) – доктор медицинских наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии; Бронников В.А. – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой физической культуры и здоровья с курсами медико-социальной и физической реабилитации ФДПО; Ладейщиков В.М. – доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургии ФДПО; Зиновьев А.М. – травматолог-ортопед.]

**Aim.** To study the biomechanical peculiarities of orthopedic disorders in patients after cerebral stroke and estimate possibilities for their correction.

**Materials and methods.** One hundred and thirty two persons in the late rehabilitation period after the cerebral stroke were examined. The state of loco-motor system biomechanics was assessed, using the rehabilitation complexes "TRUST-M" and "ST-150".

**Results.** The late rehabilitation period of stroke was characterized by decrease in walking rate and time, rise in step cycle. Speed of movement was disturbed. Combined pain, spasticity, contracture and functional asymmetry of the extremities length determined the formation of individual variant of patient's pathological locomotor stereotype. When implementing correlation analysis, marked correlation between the severity of orthopedic disorders and the asymmetry of pelvis and extremities length was detected. To correct biomechanical disorders, it was recommended to use complex orthopedic treatment by means of prosthetic-orthopedic devices, which permitted to move and provided stable holding of extremity segments in the desired position.

**Conclusion.** 1. Biomechanical indices characterize the severity of orthopedic pathology in the late rehabilitation period following cerebral stroke. 2. Biomechanical disorders are connected with decreased walking rate and time, raised step cycle, impaired speed of movement. 3. Timely biomechanical orthopedic diagnosis and adequacy of applying prosthetic-orthopedic devices guarantee efficiency of rehabilitation measures in patients after cerebral stroke.

**Key words.** Late rehabilitation period, cerebral stroke, orthopedic disorders, biomechanical indices.

---

### ВВЕДЕНИЕ

Патология опорно-двигательной системы является одним из значимых последствий церебрального инсульта, но в доступной литературе решение проблемы ортопедической реабилитации постинсультных больных представлено недостаточно. При этом своевременность ортопедической диагностики, ранние сроки начала лечения, комплексность, адекватность назначения протезно-ортопедических изделий нередко являются залогом эффективности реабилитационных мероприятий и снижения процента инвалидизации больных после перенесенного инсульта [1–4, 11, 12, 15]. Ортопедическая реабилитация подразумевает коррекцию двигательных нарушений с оценкой динамики биомеханических показателей [6–8, 11, 12, 16–18].

*Цель исследования* – изучить биомеханические особенности ортопедических нарушений у постинсультных больных и оценить возможности их коррекции.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 132 человека в позднем восстановительном периоде после перенесенного инсульта: мужчин – 100 (75,8 %), женщин – 32 (24,2 %). Средний возраст составил  $49,02 \pm 6,32$  г. Оценивали ортопедический статус. Диагностика состояния биомеханики опорно-двигательной системы осуществлялась с использованием реабилитационного комплекса TRUST-M. Проводили регистрацию составляющих ходьбы. Для получения объективных параметров равновесия и движения проводили стабилметрическое исследование, использовали стабилметрический комплекс ST-150.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Опорно-двигательный аппарат человека – это функциональная единая система. Возможности ее компенсаторно-приспособительных механизмов зависят от функционального состояния звеньев биокинематиче-

ской цепи [8, 15]. Установлено, что микроструктурные повреждения формируются в скелете при нестандартных движениях и патологических установках. При вовлечении в патологический процесс нервов, сосудов и мышц происходит уменьшение механической прочности хрящевых и костных структур. Нарушение структуры опорно-двигательной системы начинается на минимальном уровне иерархической организации скелета. Информация от ног поднимется с периферии через мышечные волокна, сухожилия и суставные капсулы в спинной мозг через чувствительные волокна, а далее к мозжечку и коре головного мозга с последующей коррекцией мышц верхней половины туловища. Любое одностороннее повреждение проприоцептивной спиноцеребральной петли создает мышечный дисбаланс. Взаимосвязь опорно-двигательной системы с неврологической патологией обуславливает необходимость ортопедической коррекции двигательных нарушений у инвалидов после перенесенного инсульта с оценкой биомеханических показателей [6, 7, 13, 15, 17, 18].

Первичные двигательные нарушения обычно связаны с неврологическим дефицитом. В клинической картине у изученных больных наиболее яркими явились мышечно-тонические расстройства. Обычно это было повышение мышечного тонуса по спастическому типу. Вторичные двигательные нарушения были обусловлены формированием контрактур и костных деформаций. При гемипарезе после перенесенного инсульта обычное функциональное укорочение одной из конечностей на фоне мышечной дисфункции вызывало боковой наклон таза. При этом возникали его перекосы во фронтальной плоскости. Позвоночник с целью сохранения оси вертикального положе-

ния формировал компенсаторную дугу искривления. Несимметричность ног при стоянии и ходьбе вызывала ротацию таза с поясничным отделом позвоночного столба и противоротацию грудного отдела. Возникал биоэлектрический дисбаланс мышцы спины и грудной клетки. Неадекватные мышечные усилия вызывали формирование дегенеративно-дистрофических изменений позвонков, особенно на фоне патологической торсии бедра и большеберцовой кости. Наблюдаемые у постинсультных больных нарушения осанки и деформации позвоночника являлись преимущественно адаптационными приспособлениями опорно-двигательной системы к биомеханически аномальным условиям функционирования [7, 8, 13, 15, 17, 18].

Основные клинические особенности двигательных нарушений в позднем восстановительном периоде инсульта были представлены паралитическим синдромом, который диагностирован у всех 132 больных (100 %).

Мы проанализировали паралитический синдром с учетом дальнейшей реабилитации инвалидов при использовании протезно-ортопедических изделий и назначения технических средств реабилитации. Гемипарез правосторонний выявлен у 65 человек (49,24 %), гемипарез левосторонний – у 57 человек (43,18 %), центральный тетрапарез – у 10 (7,58 %). Были определены наиболее значимые биомеханические особенности паралитического синдрома. Так, ходьба у пациентов с гемипарезом нарушалась из-за нестабильности нижней конечности в тазобедренном, коленном и голеностопных суставах. Было установлено, что у пациентов с легким гемипарезом в позднем восстановительном периоде перенесенного инсульта темп ходьбы составлял  $71,5 \pm 6$  шагов в минуту; количество шагов на 100 метров достигало  $149,5 \pm 10,5$ ; длительность двойного шага –  $1,5 \pm 0,1$  секунды

( $p < 0,05$ ). При умеренном гемипарезе темп ходьбы составлял  $59 \pm 3,0$  шага в минуту; количество шагов на 100 метров –  $163 \pm 5,0$ ; длительность двойного шага –  $2,1 \pm 0,3$  секунды ( $p < 0,05$ ). При значительно выраженном гемипарезе темп ходьбы ограничивался  $35,5 \pm 3,5$  шага в минуту, количество шагов на 100 метров составляло  $210 \pm 10,0$  в минуту; длительность двойного шага –  $2,5 \pm 0,5$  секунды ( $p < 0,05$ ). По данным трехметрового теста среднее время ходьбы составляло  $10,93 \pm 0,06$  секунды, что свидетельствовало о замедлении темпа ходьбы по сравнению со здоровыми людьми. Время цикла шага в среднем составляло  $3,21 \pm 0,09$  секунды, что было практически в три раза ниже нормы. Таким образом, при гемипарезе в позднем восстановительном периоде инсульта формировался патологический стереотип ходьбы с изменением биомеханических параметров. Для изученных пациентов было характерно уменьшение темпа и времени ходьбы, увеличение цикла шага. Нарушалась скорость передвижения. У пациентов с правосторонним гемипарезом кинематические показатели ходьбы были изменены в большей степени, характеризовались выраженным отведением конечности. При левостороннем гемипарезе походка была связана с преобладанием сгибательной установки.

Из всего разнообразия клинических проявлений патологии опорно-двигательного аппарата выявлен ряд ключевых расстройств, влияющих на тяжесть биомеханических нарушений. Это боль, спастичность, контрактуры, функциональная асимметрия длины конечностей и перекос таза. Именно их сочетание определило формирование индивидуального варианта двигательного патологического стереотипа больного [6, 7, 13, 15–18]. Так, при проведении корреляционного анализа выявлена выраженная взаимосвязь тяжести ортопедических нарушений с асимметрией таза и длины конечностей. Взаимосвязь тяжести ор-

топедической патологии и асимметрии таза с перекосом вправо была высокой и составляла 95 % ( $r = 0,95$ ;  $p = 0,05$ ); влево – 90 % ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,05$ ). Взаимосвязь тяжести ортопедической патологии и асимметрии длины правой руки составляла 75 % ( $r = 0,75$ ;  $p < 0,05$ ); левой – 70 % ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ). Взаимосвязь тяжести ортопедической патологии и функциональной асимметрии длины правой и левой ног равнялась соответственно 70 % ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ).

В позднем восстановительном периоде перенесенного церебрального инсульта сохранялись изменения мышечного тонуса в виде спастичности у всех изученных больных. При этом происходили органические изменения в суставах, формировались вторичные ортопедические нарушения, наиболее значимыми были контрактуры. Именно спастичность являлась важнейшим фактором их формирования. Контрактуры суставов констатировали у всех изученных больных. В дальнейшем развивались патологические установки стоп и нарушения осанки, возникали или прогрессировали в течение нескольких лет дегенеративно-дистрофические изменения суставов и позвоночника. Диагностировали деформации голени и стоп [12, 13, 15–18].

Так, спастичность в мышцах руки при постинсультном гемипарезе была распределена неравномерно. Более выраженной она оказалась в аддукторах плеча, пронаторах предплечья. Кисть и пальцы были согнуты, формировался «спастический кулак». Это являлось типичным вариантом патологической спастической установки руки. Кроме этого, у трети пациентов диагностировали резко выраженную гиперпронацию предплечья в сочетании с разгибанием пальцев, аддукцию, внутреннюю ротацию плеча, т.е. «клевшевидную» кисть. Констатировали контрактуры плечевых суставов на фоне гемипареза с доминированием нарушения приведения. В локтевых суставах оказалось значимо нарушено разгибание.

Формировалась контрактура сгибательного типа, более выраженная при левостороннем гемипарезе. В то же время пронация и супинация в локтевых суставах составляла практически норму, приближаясь к 80 град. В лучезапястных суставах было нарушено сгибание практически в два раза относительно нормы движения, страдало разгибание, отведение и приведение, более выраженное в левой руке [14]. Диагностировали эквинусную установку правой стопы с тыльным разгибанием. Средние величины деформации составляли  $-1,31$  град. Слева констатировали достаточно грубые изменения: так, деформация достигала  $-3,06$  град. Подошвенное сгибание справа соответствовало  $8,16 \pm 3,03$  град, а слева  $-39,84 \pm 5,38$  град.

Любое ортопедическое вмешательство осуществляли на фоне или после проведения активного неврологического лечения. Основным методом ортопедической реабилитации постинсультных больных с нарушениями движений являлась лечебная физкультура, в задачи которой входило полное или частичное восстановление объема движений, силы в конечностях, возвращение навыков равновесия, ходьбы и самообслуживания. Протезно-ортопедические изделия давали возможность пациенту передвигаться и обеспечивали стабильное удержание сегментов конечности в заданном положении. Решить задачу вертикализации и передвижения одновременно позволяло использование оборудования: параподиума, тренажеров, специализированной мебели, роботизированной техники. Тренировка умения стоять и ходить являлась одной из составных частей комплексной терапии ортопедических последствий инсульта. Применяли трость, костыли или ходунки. При асимметрии длины ног менее 3 см использовали ортопедическую обувь с компенсацией укорочения, дополнительные стельки. Применяли физиотерапевтические процедуры, массаж, кинезиотерапию [1–5, 7–12, 14].

В динамике наблюдения за пациентами отмечали улучшение опороспособности, уменьшение спастичности и гипотрофии мышц конечностей. Увеличивался объем движений в суставах. После курса реабилитации у всех изученных больных наблюдалась положительная динамика функционирования опорно-двигательной системы с улучшением статических и кинематических показателей. Перестройка стереотипа стояния характеризовалась нормализацией положения центра массы тела во фронтальной плоскости, отмечалась тенденция нормализации стабилметрических показателей.

## Выводы

1. Биомеханические показатели характеризуют тяжесть ортопедической патологии в позднем восстановительном периоде церебрального инсульта.
2. Биомеханические нарушения связаны с уменьшением темпа и времени ходьбы, увеличением цикла шага, нарушением скорости передвижения.
3. Своевременность биомеханической ортопедической диагностики и адекватность назначения протезно-ортопедических изделий являются залогом эффективности реабилитационных мероприятий после перенесенного инсульта.

## Библиографический список

1. Деревцова С.Н., Николаев В.Г., Прокопенко С.В. Особенности восстановления объема движений у больных с синдромом центрального гемипареза разных соматотипов в поздний период постинсультной реабилитации. Медицина в Кузбассе 2011; 2: 26–32.
2. Добрушина О.Р., Снопков П.С., Сидякина И.В. Диагностика и ранняя реабилитация нарушений биомеханики ходьбы при

церебральных гемипарезах. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 2013; 4: 18–22.

3. *Ковальчук В.В., Скоромец А.А.* Медицинские и социальные аспекты восстановительного лечения больных после инсульта. Вестник восстановительной медицины 2008; 3: 25–30.

4. *Костенко Е.В.* Медико-социальные аспекты реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт. Уральский медицинский журнал 2012; 13: 23–27.

5. *Сидякина И.В.* Эффективность и безопасность ранней аппаратной вертикализации при тяжелом и крайне тяжелом инсульте. Вестник восстановительной медицины 2011; 4(44): 2–5.

6. *Скворцов Д.В.* Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. М.: ГЭОТАР-Медиа 2007; 640.

7. *Сотников Л.В., Епифанов А.В., Епифанов В.А.* Биомеханическая модель восстановления вертикальной позы и рисунка ходьбы на стационарном этапе реабилитации после ишемического мозгового инсульта. Лечебная физкультура и спортивная медицина 2007; 6: 1–7.

8. *Таламова И.Г., Курч Н.М., Сугурбаева А.Т.* Восстановление функции статического равновесия и ходьбы у пациентов, перенесших инсульт. Физкультурное образование Сибири 2014; 31 (1): 65–68.

9. *Черникова А.А., Ключков А.С.* Влияние тренировок на роботизированной системе Locomat на мобильность при ходьбе у больных с постинсультными гемипарезами. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры 2014; 3: 13–17.

10. *Шиишкина Е.С.* Стабилметрический тренинг как метод диагностики и ре-

билитации неустойчивости пациентов, перенесших ишемический инсульт в вертебробазиллярном бассейне. Современные проблемы науки и образования 2014; 2: 390.

11. *Щеколова Н.Б., Бронников В.А., Зиновьев А.М., Склянная К.А.* Эффективность ортопедической реабилитации постинсультных больных. Пермский медицинский журнал 2016; 33 (1): 35–41.

12. *Щеколова Н.Б., Зиновьев А.М.* Принципы диагностики и коррекции ортопедических нарушений у пациентов после перенесенного инсульта. Уральский медицинский журнал 2015; 131 (8): 104–108.

13. *Щеколова Н.Б., Зиновьев А.М.* Механизмы формирования ортопедических нарушений у больных после перенесенного инсульта (обзор литературы). Уральский медицинский журнал 2016; 140 (7): 90–96.

14. *Щеколова Н.Б., Зиновьев А.М.* Возможности консервативной ортопедической коррекции постинсультной спастичности верхней конечности. Пермский медицинский журнал 2017; 34 (2): 15–19.

15. *Ястребцева И.П., Новиков А.Е.* Механизм формирования и алгоритм диагностики нарушений постурального баланса при инсульте. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2013; 113 (12): 29–34.

16. *Bernhardt J., Cramer S.C.* Giant steps for the science of stroke rehabilitation. International Journal of stroke 2013; 8 (1): 1–2.

17. *Salzman B.* Gait and balance disorders in older adults. American Family Physician 2010; 82 (1): 61–68.

18. *Stanton R., Ada L., Dean CM., Preston E.* Biofeedback improves activities of the lower limb after stroke: a systematic review. J Physiother 2011; 57: 145–155.

Материал поступил в редакцию 17.04.2018