

© ЛЯПИН А.В., ОНДАР В.С., АБРОСЬКИНА М.В., ПРОКОПЕНКО С.В.,  
ЖИВАЕВ В.П., ПРОКОПЕНКО В.С.

УДК 616-009.2-036:615.849.19.03:616.85

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОБЪЕКТИВНОЙ  
ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА У НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ**  
А.В. Ляпин, В.С. Ондар, М.В. Аброськина, С.В. Прокопенко, В.П. Живаев,  
В.С. Прокопенко

Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф.

Войно-Ясенецкого, ректор — д.м.н., проф. И.П. Артюхов;

кафедра нервных болезней, традиционной медицины с курсом ПО, зав. —

д.м.н., проф. С.В.Прокопенко;

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П.

Астафьева, ректор — д.и.н. проф. Н.И. Дроздов;

кафедра общей физики, зав. — к.ф-мат.н., доц. А.С. Чиганов.

***Резюме.** Представлены результаты апробации нового диагностического метода анализа ходьбы с использованием лазерного дальномера с целью объективного исследования функционального состояния ходьбы у больных, перенесших инсульт. Получены количественные показатели, отражающие особенности длины, длительности, асимметрии шага и равномерности ходьбы у больных с синдромом центрального гемипареза и мозжечковой атаксии. Предлагаемая методика может быть использована в неврологической практике, как комплекс для объективной скрининг – диагностики параметров ходьбы.*

***Ключевые слова:** ходьба, лазерный дальномер, центральный гемипарез, мозжечковая атаксия, инсульт.*

Ляпин Александр Владимирович – аспирант каф. нервных болезней, традиционной медицины с курсом ПО КрасГМУ; e-mail: [gr\\_st@mail.ru](mailto:gr_st@mail.ru).

Ондар Вера Семеновна – аспирант каф. нервных болезней, традиционной медицины с курсом ПО КрасГМУ; e-mail: [OndarVS@yandex.ru](mailto:OndarVS@yandex.ru).

Аброськина Мария Васильевна – аспирант каф. нервных болезней, традиционной медицины с курсом ПО КрасГМУ; e-mail: [mabroskina@mail.ru](mailto:mabroskina@mail.ru).

В современной неврологической и нейрореабилитационной практике ходьба рассматривается, как наиболее важный показатель функциональных возможностей больного после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), черепно-мозговой или спинальной травмы, при болезни Паркинсона, рассеянном склерозе и многих других заболеваниях нервной системы. Для определения степени ограничения самостоятельного передвижения больного требуется наличие объективного метода анализа ходьбы. Это позволяет точно определить количественные показатели (длину, длительность, равномерность и асимметрию шага пациента) и, исходя из этого, назначить наиболее эффективные подходы к лечению и схемы реабилитации в каждом отдельном случае, а также определить эффективность лечебных мероприятий в динамике [7,13]. Немаловажным является доказанная взаимосвязь между нарушением количественных параметров ходьбы и риском падений больного [8,9].

В настоящее время наиболее часто для оценки составляющих ходьбы применяются субъективные методы анкетирования и мотоскопии. Влияние человеческого фактора в данном случае достаточно велико и в значительной степени может исказить окончательный результат исследования [11]. К объективным методикам оценки параметров ходьбы относятся: трехмерный видеоанализ, анализ движений человека при помощи акселерометрических датчиков, подометрический, гониометрический и импрегнационный методы [4,5,6,10]. Такое разнообразие свидетельствует об отсутствии удобного в

применении и одновременно информативного метода объективной оценки ходьбы. В связи с появлением оптических лазерных дальномеров, доступных по цене и простых в использовании, появилась возможность их применения в диагностических целях, в частности, для определения перемещения испытуемого в пространстве при ходьбе. Такой подход позволяет производить высокоточное, бесконтактное измерение расстояния до объекта, не ограниченное по времени и по удалению, что определяет перспективу для разработки скрининг – метода объективной диагностики параметров ходьбы.

Целью нашего исследования явилась апробация метода объективной оценки параметров ходьбы с использованием лазерного дальномера при синдромах мозжечковой атаксии и центрального гемипареза у больных, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения.

### **Материалы и методы**

На кафедре нервных болезней, традиционной медицины с курсом ПО КГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, совместно с кафедрой теоретической физики КГПУ им. В.П. Астафьева, была разработана методика определения параметров ходьбы с использованием лазерного дальномера. На область груди исследуемого помещали светоотражающую пластину с генератором инфракрасного излучения. На ноги обували специальную обувь с замыкающими элементами. Испытуемый по команде начинал движение в свободном темпе, приближаясь к дальномеру, в начале фазы двойной опоры ходьбы происходило замыкание цепи, закрепленный на испытуемом генератор излучал короткий световой импульс в инфракрасном диапазоне длительностью 10 мкс. Световые импульсы принимались фотоприемником, и электронное устройство включало дальномер для измерения расстояния от дальномера до испытуемого. Полученное значение передавалось через последовательный порт в персональный компьютер, данные по измерению расстояния записывались в электронные таблицы Microsoft Excel, с использованием специального программного обеспечения. Пошаговое перемещение определялось как разность расстояний между последовательными положениями испытуемого.

Каждое исследование, для исключения технических ошибок, состояло из двух попыток. Нами определялись следующие показатели ходьбы:

- средняя относительная длина шага, которая рассчитывалась как отношение средней длины шага к отвесному расстоянию от большого вертела до поверхности опоры (этот показатель в меньшей степени зависит от антропометрических особенностей обследуемого) [3];

- коэффициент вариабельности шага (КВШ) [1], который рассчитывался как отношение разности длин максимального и минимального шага к средней длине шага;

- среднеквадратическое отклонение шага для каждого исследования, характеризующее равномерность ходьбы;

- коэффициенты временной ( $K_t$ ) и пространственной ( $K_l$ ) асимметрии, значения которых характеризуют различия шага по длительности и длине между правой и левой ногой [2].

Коэффициент временной асимметрии рассчитывался по формуле:

$$K_t = \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2}$$
 где  $t_1$  – длительность шага левой ногой,  $t_2$  – длительность шага правой ногой.

Коэффициент пространственной асимметрии рассчитывался по формуле:

$$K_l = \frac{l_1 - l_2}{l_1 + l_2}$$
 где  $l_1$  – длительность шага левой ногой,  $l_2$  – длительность шага правой ногой.

Следует отметить, что данная методика оценивала не столько длину шага, сколько пошаговое приближение объекта к лазерному дальномеру. В небольшой степени на показатели могли влиять колебания и ротация туловища при ходьбе. Для удобства мы называем этот показатель «длина шага». Однако при синдроме центрального гемипареза ротация туловища при ходьбе может иметь ведущее значение при определении величины показателя пространственной асимметрии шага и его можно рассматривать как характеристику поворота туловища при ходьбе.

Нами было обследовано 30 клинически здоровых лиц среднего возраста (мужчин – 13, женщин – 17) в возрасте от 42 до 70 лет, медиана: 56 лет [25% – 75%: 47 – 60], без неврологических и ортопедических заболеваний в анамнезе, отклонений в неврологическом статусе и нарушений равновесия по результатам компьютерной стабилотрии.

30 пациентов с синдромом мозжечковой атаксии (мужчин — 16, женщин – 14) в возрасте от 42 до 65 лет, медиана – 54 года [25% - 75%: 45 – 62]. Все пациенты перенесли ОНМК по ишемическому типу в вертебро-базиллярном бассейне. Выраженность атактического синдрома оценивалась при помощи компьютерной стабилотрии: легкая – у 18 человек, средней степени – у 12 человек.

Также было проведено обследование 30 пациентов с синдромом центрального гемипареза, из них: мужчин — 14, женщин – 16, в возрасте от 44 до 69 лет, медиана – 52 года [25% - 75%: 44 – 69]. Все пациенты перенесли ОНМК по ишемическому типу. Из них 16 пациентов были с правосторонним гемипарезом, 14 – с левосторонним. Выраженность гемипареза у 2 больных была легкой, у 9 – выраженной, у 18 – умеренной, грубой у 1 больного. Группы больных были сопоставимы по росту испытуемых ( $p < 0,017$ ).

Описание выборки производили с помощью подсчета медианы и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 перцентилей. Статистическую значимость различий между выборками оценивали по непараметрическому критерию Краскела – Уоллиса, межгрупповые различия считались статистически значимыми при ( $p < 0,05$ ). Парные сравнения проводились с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни с поправкой Бонферрони ( $p < 0,017$ ). Статистический анализ осуществляли в пакете прикладных программ Statistica 6,0 (StatSoft Inc., 2003).

### **Результаты и обсуждение**

Полученные данные в нормативной группе по относительной длине шага и коэффициенту вариабельности шага соответствуют общепринятым нормативным показателям [1,2,3]. Примеры типичных результатов

исследования ходьбы в норме, при синдроме мозжечковой атаксии и при синдроме центрального гемипареза представлены в графическом виде на рис. 1, рис. 2 и рис. 3 соответственно.

На представленных графиках отображен результат измерения параметров ходьбы на расстояние 25 метров, где по оси абсцисс отмечаются порядковые номера шагов, а по оси ординат длина каждого шага в метрах. Ходьба в норме представляла симметричную локомоцию (рис. 1), отражающуюся в диапазоне изменения длины и длительности шагов. Синдрому мозжечковой атаксии соответствовала ходьба с выраженной вариабельностью временных и пространственных показателей (рис. 2). При синдроме центрального гемипареза определялась выраженная асимметрия ходьбы — значительные различия по длине и длительности шага между паретичной и «здоровой» конечностями (рис. 3).

При статистическом анализе показаны значимые различия между ходьбой в норме и ходьбой при синдромах мозжечковой атаксии и центрального гемипареза по всем исследуемым временным и пространственным показателям при использовании критерия Краскела – Уоллеса ( $P < 0,05$ ). При парных сравнениях по критерию Манна – Уитни с поправкой Бонферрони ( $p < 0,017$ ), получены статистически значимые различия по всем сравниваемым показателям, кроме сравнения КВШ в группах с синдромом мозжечковой атаксии и центрального гемипареза (табл. 1).

Полученные результаты показывают возможность объективной диагностики нарушений ходьбы, характерных для синдрома мозжечковой атаксии — уменьшение длины шага, большая вариабельность параметров и синдрома центрального гемипареза, показатели ходьбы при котором имеют выраженную временную и пространственную асимметрию [12]. Таким образом, при небольших трудозатратах возможно проведение исследования ходьбы с использованием лазерного дальномера в условиях неврологического отделения, поликлиники, бюро медико-социальной экспертизы. По мнению авторов, преимуществами использования данной методики являются: отсутствие

потребности в высококвалифицированном персонале, мобильность и невысокая цена комплекса.

Таким образом, использование предлагаемого метода оценки параметров ходьбы дает возможность анализа относительной длины шага, вариабельности ходьбы, пространственной и временной асимметрии шага у больных с синдромами мозжечковой атаксии и центрального гемипареза. Является перспективной дальнейшая разработка комплекса объективной оценки параметров ходьбы с использованием лазерного дальномера с последующим внедрением в неврологическую практику.

### **Application of laser rangefinder for estimation of walking parameters in neurological patients**

A.V. Lyapin, V.S. Ondar, M.V. Abroskina, S.V. Prokopenko, V.P.Zhivaev, V.S. Prokopenko

Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky

Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev

**Abstract.** We analyzed laser rangefinder as a new tool to estimate functional walking parameters in patients after brain stroke. Quantitative indexes that represent peculiarities of length, duration, asymmetry and equability of the walk were determined in patients with central hemi paresis and cerebella ataxia. This method can be used in the clinical practice as a tool for objective screening of walking parameters.

**Key words:** walking, laser rangefinder, central hemi paresis, cerebella ataxia, stroke.

### **Литература**

1. Абрамов В.Г., Похабов Д.В., Нестерова Ю.В. и др. Возможности объективной оценки эффекта противопаркинсонических средств с использованием программно-аппаратного комплекса «Дорожка» у пациентов с болезнью Паркинсона // Актуальные вопросы неврологии. Нейрореабилитация: матер. III межрегион. конф. – Красноярск: Версо, 2008. – С. 8 - 10.

2. Витензон А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека. – М.: ООО “Зеркало-М”, 1998. – С. 117-121.

3. Дюкова Г.М., Титова Е.Ю. Количественные показатели ходьбы у больных с психогенными и органическими дисбазиями // Журн. неврол. и психиатр. – 2007. – Т. 107. №7. – С. 4-9.

4. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. – М.: Т. М. Андреева, 2007. – С. 51 - 54.

5. Руднев В.А., Прокопенко С.В. Компьютерное преобразование параметров ходьбы как метод объективной оценки нарушений локомоторных функций при различных органических неврологических синдромах // Современные аспекты терапии заболеваний нервной системы. – Красноярск: Гротеск, 2003. – Т. 2. – С. 77 – 79.

6. Руднев В.А., Прокопенко С.В. Новые принципы реабилитации двигательных и речевых функций человека. – Красноярск: Гротеск, 1999. – 160 с.

7. Baker R. Gait analysis methods in rehabilitation // J. Neuroeng. Rehabil. – 2006. – Vol. 3, №4. – P. 10.

8. Barak Y., Wagenaar R.C., Holt K.G. Gait characteristics of elderly people with a history of falls: a dynamic approach // Phys. Ther. – 2006. – Vol. 86, №11. – P. 1501-1510.



9. Brach J.S., Studenski S.A., Perera S. et al. Gait variability and the risk of incident mobility disability in community-dwelling older adults // J. Geront. – 2006. – Vol. 62A, №9. – P. 983-988.
10. Culhane K.M., O'Connor M., Lyons D. et al. Accelerometers in rehabilitation medicine for older adults // Age and Ageing, 2005. – Vol. 34. – P. 556-560.
11. Pearson O.R., Busse M.E., Deursen R.W.M. et al. Quantification of walking mobility in neurological disorders // Q. J. Med. – 2004. – Vol. 97, №8. – P. 463-475.
12. Tyson S.F., Hanley M., Chillala J. et al. Balance disability after stroke // Phys. Ther. – 2006. – Vol. 86. – P. 30-38.
13. Yelnik A., Bonan I. Clinical tools for assessing balance disorders // Clin. Neurophys. – 2008. – Vol. 38. – P. 439-445.