

УДК 004.89

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ БЕГОВОЙ ДОРОЖКИ НА СИММЕТРИЮ ПОХОДКИ

А. А. БОЖИЙ, Д. В. ТЕСЕЛКИН, М. А. ДУДИН

Научный руководитель А. Д. ОБУХОВ, д-р техн. наук, проф.

Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

Анализ симметрии походки является важным направлением биомеханической оценки двигательной функции человека. Значения показателей симметрии могут зависеть как от скорости ходьбы, так и от используемого способа их расчета [1]. При изменении скорости движения изменяются пространственно-временные характеристики шага и характер переноса веса между конечностями. Поэтому оценка симметрии походки должна выполняться с учетом скоростного режима движения.

Целью работы являлась оценка влияния скорости движения беговой дорожки на показатели симметрии походки у здоровых испытуемых. Программно-аппаратные тренировочные комплексы позволяют адаптировать параметры проведения упражнений к физическим и физиологическим характеристикам пользователя [2]. В исследовании приняли участие шесть здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 30 лет. Эксперимент проводился на беговой дорожке при 12 скоростях от 0,1 до 5,0 км/ч. Регистрация параметров выполнялась с использованием тензодатчиков. При анализе походки в реабилитационных устройствах могут использоваться математические модели и биомеханические параметры, характеризующие движение нижних конечностей [3]. В данном исследовании рассчитывались длина левого и правого шага, индекс асимметрии, распределение нагрузки, коэффициент вариации и интегральный показатель «бабочка», отражающий траекторию центра давления.

Индекс асимметрии длины шага рассчитывался по формуле

$$ASIstep = \frac{|Rstep - Lstep|}{(Rstep + Lstep) / 2} \cdot 100, \quad (1)$$

где $Rstep$ – длина правого шага; $Lstep$ – длина левого шага.

Значение 0 % соответствует полной симметрии, а увеличение показателя отражает рост различий между правым и левым шагом. Для оценки вариабельности использовался коэффициент вариации, рассчитываемый как отношение стандартного отклонения к среднему значению и выражаемый в процентах. Статистическая обработка включала дисперсионный анализ ANOVA и линейную регрессию зависимости асимметрии от скорости.

Основной результат исследования представлен на рис. 1 зависимости индекса асимметрии от скорости движения дорожки.

Наибольшее среднее значение асимметрии наблюдалось при скорости 0,1 км/ч и составило $(20,92 \pm 22,62)$ %. Высокая вариабельность на минимальной скорости связана с малой длиной шага: даже небольшая

абсолютная разница между левым и правым шагом приводит к высокому относительному проценту асимметрии.

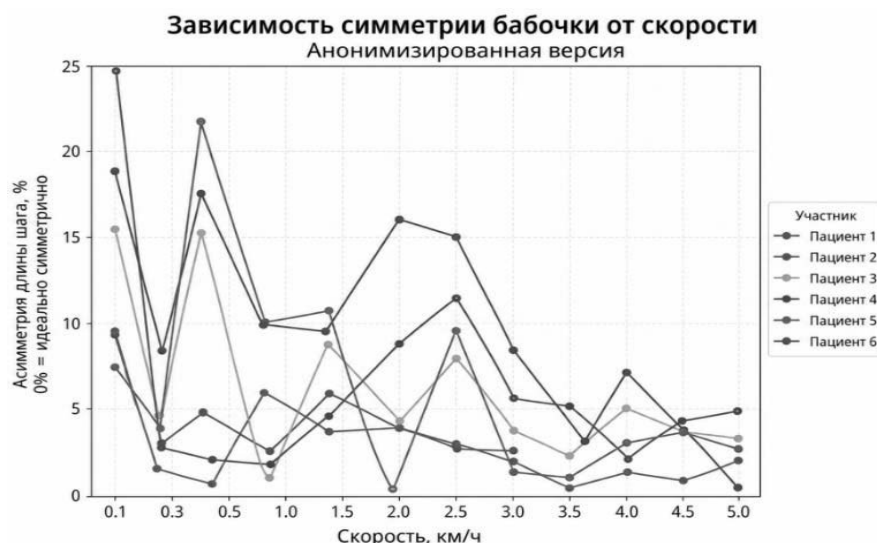


Рис. 1. Зависимость индекса асимметрии длины шага от скорости движения беговой дорожки

В диапазоне от 1 до 5 км/ч средняя длина шага увеличивалась с 0,310 до 0,692 м, однако индекс асимметрии имел тенденцию к снижению. Статистическая обработка показала значимое влияние скорости на индекс асимметрии: $F(11,60) = 2,562$, $p = 0,0106$, $\eta^2 = 0,335$. Регрессионный анализ выявил отрицательную связь между скоростью и асимметрией: $\beta = -1,95 \text{ \% км/ч}$, $R^2 = 0,126$, $p = 0,0030$.

Таким образом, скорость движения беговой дорожки существенно влияет на показатели симметрии походки. На минимальных скоростях индекс асимметрии может быть завышен из-за малой длины шага и нестабильного переноса веса. На скоростях от 1 км/ч оценка симметрии становится более надежной.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Разработка адаптивных реабилитационных систем для лечения когнитивных, моторных и сенсорных нарушений и патологий» (FEMU-2026-0002).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Rimini, D.** Walking symmetry is speed and index dependent / D. Rimini, V. Agostini, M. Knaflitz // *Gait & Posture*. – 2024. – Vol. 112. – P. 168–174.
2. Modeling of the learning process in adaptive training complexes / M. N. Krasnyanskiy, A. D. Obukhov, D. L. Dedov, A. A. Siukhin // *Journal of Applied Engineering Science*. – 2018. – Vol. 16, № 4. – P. 487–493.
3. **Волков, А. А.** Разработка алгоритмического и программного обеспечения модулей сбора и обработки данных для системы опорно-двигательной реабилитации / А. А. Волков // *Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 10–12 нояб. 2025 г.* – Тамбов : Тамбов. гос. техн. ун-т, 2025. – С. 237–240.