

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКОМОТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Д.В. Долганов<sup>1</sup>, [paradigma-dv@rambler.ru](mailto:paradigma-dv@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8708-1303>

Т.И. Долганова<sup>1,2</sup>, [rjik532007@rambler.ru](mailto:rjik532007@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0117-3451>

Д.А. Попков<sup>1,3</sup>, [dpopkov@mail.ru](mailto:dpopkov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>

Л.В. Смолькова<sup>1</sup>, [slv@odb45.ru](mailto:slv@odb45.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9665-0427>

А.О. Трофимов<sup>1</sup>, [a4texa@yandex.ru](mailto:a4texa@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3455-4530>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

<sup>2</sup> Курганский государственный университет, Курган, Россия

<sup>3</sup> Больница Атлас, Белград, Сербия

**Аннотация. Цель:** оценить и сопоставить функции распределения кинетических и кинематических параметров походки в локомоторных стереотипах у детей и подростков без двигательных нарушений. **Материалы и методы.** Проведена оценка локомоторного профиля методом видеоанализа походки (CGA) у здоровых детей 4–6 лет ( $n = 14$ ) и подростков 9–15 лет ( $n = 38$ ) в лаборатории биомеханики Центра Илизарова. Анализ результатов проводился по автоматизированным расчетам значений кинематики и кинетики с использованием описательной статистики. Оценка нормальности распределения исследуемых показателей осуществлялась по 12 одномерным критериям. **Результаты.** У детей 4–6 лет параметры кинематики, кинетики и скорости ходьбы подчинялись закону нормального распределения. В общей неоднородной выборочной совокупности у подростков 9–15 лет параметры кинетики оказались в зависимости от скорости ходьбы, и гипотеза нормальности отклонялась по 11 критериям. Однако при разделении подростков на отдельные однородные группы по произвольному скоростному распределению стереотипов походки (замедленная, естественная, ускоренная ходьба) гипотеза нормальности в отношении всех исследованных показателей по большинству критериев (10–12) не отклонялась. **Заключение.** Произвольно инициированные локомоторные стереотипы походки являются синергетически организованными приспособительными ответами опорно-двигательной системы. Параметры, их характеризующие, подчиняются законам нормального распределения и отражают равновесное динамическое состояние самоорганизующейся системы в окружающем пространстве.

**Ключевые слова:** функция нормального распределения, двигательный стереотип походки, кинетические и кинематические параметры, дети, подростки

**Для цитирования:** Статистический анализ функций распределения локомоторных характеристик у детей и подростков / Д.В. Долганов, Т.И. Долганова, Д.А. Попков и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 3. С. 107–113. DOI: 10.14529/hsm230314

## STATISTICAL ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION FUNCTIONS OF LOCOMOTOR CHARACTERISTICS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

**D.V. Dolganov**<sup>1</sup>, [paradigma-dv@rambler.ru](mailto:paradigma-dv@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8708-1303>

**T.I. Dolganova**<sup>1,2</sup>, [rjk532007@rambler.ru](mailto:rjk532007@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0117-3451>

**D.A. Popkov**<sup>1,3</sup>, [dpopkov@mail.ru](mailto:dpopkov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8996-867X>

**L.V. Smolkova**<sup>1</sup>, [slv@odb45.ru](mailto:slv@odb45.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9665-0427>

**A.O. Trofimov**<sup>1</sup>, [a4texa@yandex.ru](mailto:a4texa@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3455-4530>

<sup>1</sup> Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

<sup>2</sup> Kurgan State University, Kurgan, Russia

<sup>3</sup> Atlas Hospital, Belgrade, Serbia

**Abstract. Aim.** To evaluate and compare the distribution functions of kinetic and kinematic parameters of gait in the locomotor stereotypes of children and adolescents without movement disorders. **Materials and methods.** The locomotor profile was assessed by clinical gait analysis (CGA) in normal children aged 3–6 years (n = 17) and adolescents aged 9–15 years (n = 38) in the laboratory of biomechanics of the Ilizarov Center. The results were analyzed by automated calculations of kinematic and kinetic values using descriptive statistics. The assessment of normality was performed according to 12 univariate criteria. **Results.** In children aged 3–6 years, the parameters of kinematics, kinetics, and walking speed were subject to normal distribution. In a general heterogeneous sample of adolescents aged 9–15 years, the parameters of kinetics depended on walking speed, and the hypothesis of normality was rejected for 11 criteria. However, when adolescents were divided into separate homogeneous groups according to an arbitrary speed distribution of gait stereotypes (slow, natural, accelerated pace of walking), the hypothesis of normality in relation to all the studied parameters for most criteria (10–12) was not rejected. **Conclusion.** Arbitrarily initiated locomotor gait stereotypes are synergistically organized adaptive responses of the musculoskeletal system. Their parameters are subject to normal distribution and reflect the equilibrium dynamic state of a self-regulated system in the surrounding space.

**Keywords:** normal distribution function, gait motor stereotype, kinetic and kinematic parameters, children, adolescents

**For citation:** Dolganov D.V., Dolganova T.I., Popkov D.A., Smolkova L.V., Trofimov A.O. Statistical analysis of the distribution functions of locomotor characteristics in children and adolescents. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(3):107–113. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230314

**Введение.** Все выдающиеся результаты в спортивной практике достигаются не только за счет максимальной мобилизации и рационального распределения энергетических ресурсов организма, но и за счет оптимизации и совершенствования приспособительных сложнокоординированных двигательных стереотипов. При этом если инструментальная и методологическая база для изучения энергетических ресурсов организма в ходе спортивных тренировок уже создана [2] и используется, то эффективной общепринятой методологии для изучения и коррекции сложнокоординированных двигательных стереотипов до настоящего времени не существует. С появлением видеоанализа в сферу внимания исследователей попали не только синергетические причинно-следственные взаимоотношения

между элементами опорно-двигательной системы, но и пространственно-временные параметры и характеристики походки, особенно в сфере их функций распределения [4]. Согласно данным литературы, нормальность распределения исследуемых показателей опорно-двигательной системы порой не обнаруживалась не только при изучении отдельных двигательных функций [16], но даже и в двигательных стереотипах при анализе таких кинетических переменных во время фазы опоры, как генерируемая мощность (Вт/кг) в коленном и голеностопном суставах [13]. Результаты проведенного многофакторного анализа показали, что на длину и ширину шага влиял целый ряд антропометрических, мотивационных и внешних обстоятельств. От скоростных параметров зависели зрительно-

моторная координация, поддержание баланса тела и силовые характеристики мышц. Такие кинематические показатели походки, как сгибание/разгибание бедра и голени в неоднородной по возрасту группе детей 5–12 лет, также не имели нормального распределения и преимущественно зависели от скорости ходьбы [15]. Вместе с тем в более однородных выборочных совокупностях, таких как дети 3–4 лет [9], и у взрослых в группах однородных по полу и возрасту [14] временные параметры цикла шага имели склонность соответствовать закону нормального распределения. По данным литературы, нормальность распределения исследуемых показателей обнаруживалась не только в циклических двигательных стереотипах, типа походки, но и в такой специфической профессиональной деятельности, как отработанные «до полного автоматизма» навыки вязания специальных узлов в ходе горной подготовки спортсменов [7]. Показатели двигательной активности, обусловленные функцией равновесия и регистрируемые в ортостатических стереотипах в виде варьирования кинематических характеристик позвоночника и туловища, с высоким уровнем значимости обнаруживали функцию нормального распределения не только в выборочных совокупностях, но и в индивидуальных поструральных стереотипах [3].

Факт выявления ненормальности закона распределения исследуемого параметра является статистическим аргументом поиска его взаимосвязей, как с качественными, так и с количественными признаками. Нормальное распределение возникает тогда, когда на изменении параметра невозможно выявить влияние определенного преобладающего фактора [6]. Можно предположить, что определяемая в поструральных и специфических двигательных стереотипах нормальность распределения [3] при наличии конечного приспособительного результата является необходимым условием для признания исследуемой деятельности двигательным стереотипом, т. е. устойчивым индивидуальным комплексом условно-рефлекторных двигательных синергетических взаимодействий, реализуемых в определенной последовательности.

**Цель исследования:** оценить и сопоставить функции распределения кинетических и кинематических параметров походки в локомоторных стереотипах у детей и подростков без двигательных нарушений.

**Материалы и методы.** Оценка локомоторного профиля методом видеоанализа походки (CGA) проведена у здоровых детей и подростков в лаборатории биомеханики Центра Илизарова. Сформировано две группы: I группа – 14 детей (28 конечностей) 4–6 лет, средний возраст –  $5,07 \pm 0,79$  года. Дети ходили босиком самостоятельно с привычной для них скоростью на 7-метровой дорожке. II группа – 38 подростков (76 конечностей) 9–15 лет, средний возраст  $12,5 \pm 1,41$  года. Они ходили самостоятельно босиком в естественном, замедленном и ускоренном для них темпе ходьбы.

Данные кинематики с учетом антропометрических параметров (рост, вес) регистрировались оптическими камерами Qualisys 7+ (8 камер) с технологией видеозахвата пассивных маркеров. Данные кинетики – с динамометрических платформ Kistler (6 платформ). Анализ кинематики и кинетики проводился в программах QTM (*Qualisys*) и Visual3D (*C-Motion*) с автоматизированным расчетом значений [8]. Для оценки кинематических характеристик походки использован интегральный показатель индекса оценки профиля походки (GPS), который входит в автоматическую форму заключения стандартного медицинского блока 3D-видеоанализа походки. Он основан на кинематических данных движения в горизонтальной, сагиттальной и фронтальной проекциях таза, бедра, в сагиттальной проекции голени и стопы, угла разворота стопы относительно вектора движения [10]. GPS предложен как количественный параметр идентификации типичных особенностей характера походки в оценке результатов лечения, так как коррелирует с эдинбургским показателем визуальной походки (EVGS) [11]. Для оценки кинетических характеристик походки использован интегральный показатель суммарной пиковой мощности работы суставов нижней конечности (Вт/кг).

Статистическая обработка данных производилась с помощью пакета анализа данных Microsoft EXCEL-2010 и AtteStat [1]. Оценка нормальности распределения кинематических и кинетических параметров осуществлялась по 12 одномерным критериям с порогом значимости  $p = 0,1$ . Для представления обобщенных результатов использовался регрессионный анализ и методы описательной статистики.

На проведение исследований было получено разрешение комитета по этике при

ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова» № 2 (70) от 21.10.2021.

**Результаты и обсуждение исследования.** У детей 4–6 лет в их естественном стереотипе походки скоростные, кинематические и кинетические параметры подчинялись закону нормального распределения. Скоростные характеристики варьировали в диапазоне от 2,5 до 3,7 км/ч, интегративный показатель GPS варьировал от 5,9 до 11,4 усл. ед., а суммарная пиковая мощность работы суставов – от 3,4 до 7,2 Вт/кг. В сравнении с детьми, у подростков 9–15 лет в общей выборочной совокупности кинематические параметры также подчинялись закону нормального распределения, но по кинетическим характеристикам гипотеза нормальности распределения отклонялась по 11 критериям, что совпадает с данными метаанализа литературы [12]. Кроме того, при расширенном скоростном диапазоне (1,0–6,5 км/ч) интегративный показатель GPS варьировал в том же диапазоне (5,7–10,9 усл. ед.) и не зависел от скорости ходьбы.

Иное поведение наблюдалось у показателя суммарной пиковой мощности работы суставов при ходьбе с разной скоростью – зависимость исследуемого интегрального показателя кинетики успешно описывалась уравнением линейной регрессии:  $S = 0,9143W + 0,4201$ ,  $R^2 = 0,9742$  при  $n = 142$ ,  $p \leq 0,001$ , где  $S$  – скорость ходьбы,  $W$  – суммарная пиковая мощность работы суставов, что подтверждалось данными литературы [12].

Поскольку скоростные различия походки у подростков изменяли функцию распределения, появилась необходимость в установлении причины, по которой этого не происходит у детей.

Несмотря на то, что в общей совокупности подростков гипотеза нормальности распределения суммарной пиковой мощности работы суставов отклонялась по 11 критериям и зависела от скорости ходьбы, в отдельных скоростных совокупностях показатели кинетики, кинематики и скорости ходьбы соответствовали функциям нормального распределения по 10–12 критериям.

Подтверждение нормальности распределения в однородных группах подростков по темпам ходьбы является статистическим аргументом в пользу отсутствия взаимосвязей исследуемых параметров как со скоростными,

так и с другими качественными и количественными признаками [6].

Следовательно, исследуемые кинематические и кинетические показатели, как и скорость передвижения, отражают характеристики конечного приспособительного результата, которым является исследуемый двигательный стереотип. То есть характеристики в зависимости от сложности организации исследуемого двигательного стереотипа могут быть представлены целым рядом параметров и также должны подчиняться закону нормального распределения. По-видимому, в основе синергетической самоорганизации двигательных стереотипов заложены те же адаптационные механизмы, параметры, взаимодействия которых с окружающим пространством и средой подчиняются функции нормального распределения и характеризуют динамическую стабильность равновесных состояний. Подобная форма приспособительных ответов в экологии известна как закон оптимума, или толерантности Шелфорда [5].

**Заключение.** У детей 4–6 лет параметры кинематики, кинетики и скорости ходьбы подчинялись закону нормального распределения, следовательно, их естественная самостоятельная походка не зависит от влияния других обстоятельств и является конечным приспособительным ответом опорно-двигательной системы, составляющим сформированный двигательный стереотип.

У подростков 9–15 лет в общей выборочной совокупности гипотеза нормальности распределения в отношении параметров кинетики и скорости ходьбы отклонялась. После разделения их на группы с одинаковым двигательным стереотипом походки, произвольно обусловленным конкретным темпом передвижения, гипотеза нормальности распределения в отношении всех исследованных показателей не отклонялась. Произвольно инициированные локомоторные стереотипы походки являются синергетическими самоорганизованными приспособительными ответами опорно-двигательной системы. Параметры, их характеризующие, подчиняются законам нормального распределения и отражают равновесное динамическое состояние системы в окружающем пространстве как в отношении временных и скоростных, так и биомеханических характеристик (кинематические и кинетические параметры), составляющих исследуемые стереотипы.

### Список литературы

1. Гайдышев, И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++. / И.П. Гайдышев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.
2. Головин, М.С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14–21. DOI: 10.14529/hsm220102
3. Долганов, Д.В. Оценка нарушений постуральной функции позвоночника в ортостатических стереотипах / Д.В. Долганов, Т.И. Долганова, В.В. Самылов // Гений ортопедии. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 357–364. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-357-364
4. Изменение кинематических параметров походки у детей с ДЦП после многоуровневых вмешательств при исходных паттернах *true equinus gait* и *jump gait* / Г.М. Чибиров, Т.И. Долганова, Д.В. Долганов и др. // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 501–509. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-501-509
5. К вопросу об астатическом экологическом оптимуме / В.А. Кузнецов, В.В. Зданович, Е.А. Лобачев, С.В. Лукьянов // Успехи современной биологии. – 2015. – Т. 135, № 5. – С. 437–452.
6. Леонов, В.П. Требования и рекомендации по описанию и использованию статистического анализа в исследованиях / В.П. Леонов // Инноваци. медицина Кубани. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 74–76. DOI: 10.35401/2500-0268-2019-15-3-74-76
7. Определение нормальности распределения результатов выполнения контрольных упражнений по горной подготовке / Т.А. Темирханов, Е.В. Куштаев, А.С. Виноградов, М.А. Сибогатов // Актуальные проблемы физ. и спец. подготовки силовых структур. – 2022. – № 1. – С. 212–221.
8. Свидетельство 2020665238 Программа формирования отчета биомеханики ходьбы человека / А.Ю. Аксенов, Т.А. Клишкова (RU) Правообладатель ФГБУ «НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова» МЗ РФ (RU). – № 2020665238; заявлено 24.11.2020; дата регистрации: 24.11.2020.
9. Automated extraction and validation of children's gait parameters with the Kinect / S. Motiian, P. Pergami, K. Guffey et al. // Biomed Eng Online. – 2015. – No. 14. – P. 112. DOI: 10.1186/s12938-015-0102-9
10. Ben Mansour, K. The Multifeature Gait Score: An accurate way to assess gait quality / K. Ben Mansour, P. Gorce, N. Rezzoug // Plos one. – 2017. – Vol. 12, No. 10. – P. 0185741. DOI: 10.1371/journal.pone.0185741
11. Cretual, A. Gillette Gait Index in adults / A. Cretual, K. Bervet, L. Ballaz // Gait & Posture. – 2010. – Vol. 32, No. 3. – P. 307–310. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.05.015
12. Fukuchi, C.A. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis / C.A. Fukuchi, R.K. Fukuchi, M. Duarte // Syst Rev. – 2019. – Vol. 8, No. 1. – P. 153. DOI: 10.1186/s13643-019-1063-z
13. Gait biomechanics in patients with intra-articular tibial plateau fractures – gait analysis at three months compared with age- and gender-matched healthy subjects / A. Fändriks, R. Tranberg, J. Karlsson et al. // BMC Musculoskelet Disord. – 2021. – Vol. 22, No. 1. – P. 702. DOI: 10.1186/s12891-021-04577-y
14. Gait Characteristics and Fatigue Profiles When Standing on Surfaces with Different Hardness: Gait Analysis and Machine Learning Algorithms / Z. Lu, D. Sun, D. Xu et al. // Biology (Basel). – 2021. – Vol. 10, No. 11. – P. 1083. DOI: 10.3390/biology10111083
15. Normalized speed, not age, characterizes ground reaction force patterns in 5-to 12-year-old children walking at self-selected speeds / B.W. Stansfield, S.J. Hillman, M.E. Hazlewood et al. // J Pediatr Orthop. – 2001. – Vol. 21, No. 3. – P. 395–402.
16. Quadriceps Strength Symmetry Does Not Modify Gait Mechanics After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Rehabilitation, and Return-to-Sport Training / E.K. Arhos, J.J. Capin, T.S. Buchanan et al. // The American journal of sports medicine. – 2021. – Vol. 49, No. 2. – P. 417–425. DOI: 10.1177/0363546520980079

### References

1. Gaidyshev I.P. *Reshenie nauchnykh i inzhenernykh zadach sredstvami Excel, VBA i S/S++* [Solving Scientific and Engineering Problems Using Excel, VBA and C/C++]. St. Petersburg, BKhV-Petersburg Publ., 2004. 512 p.
2. Golovin M.S., Aizman R.I. Physiological and Biochemical Marks Characterizing Physical Performance During Stress Testing on a Treadmill and a Bicycle Ergometer. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 14–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm220102
3. Dolganov D.V., Dolganova T.I., Samylov V.V. [Evaluation of Disorders of the Postural Function of the Spine in Orthostatic Stereotypes]. *Geniy ortopedii* [Genius of Orthopedics], 2018, no. 3, pp. 357–364. (in Russ.) DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-357-364
4. Chibirov G.M., Dolganova T.I., Dolganov D.V. et al. [Changes in the Kinematic Parameters of Gait in Children with Cerebral Palsy After Ultralevel Interventions with the Initial Patterns of True Equinus Gait and Jump Gait]. *Geniy ortopedii* [Genius of Orthopedics], 2019, vol. 25, no. 4, pp. 501–509. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-501-509. (in Russ.)
5. Kuznetsov V.A., Zdanovich V.V., Lobachev E.A., Lukianov S.V. [On the Question of Astatic Ecological Optimum]. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Advances in Modern Biology], 2015, vol. 135, no. 4, pp. 437–452. (in Russ.)
6. Leonov V.P. [Requirements and Recommendations for the Description and Use of Statistical Analysis in Research]. *Innovatsionnaya meditsina Kubani* [Innovative Medicine of Kuban], 2019, vol. 15, no. 3, pp. 74–76. (in Russ.) DOI: 10.35401/2500-0268-2019-15-3-74-76
7. Temirkhanov T.A., Kushtaev E.V., Vinogradov A.S., Sibogatov M.A. [Determining the Normality of the Distribution of the Results of Performing Control Exercises in Mountain Training]. *Aktual'nyye problemy fizicheskoy i spetsial'noy podgotovki silovykh struktur* [Actual Problems of Physical and Special Training of Power Structures], 2022, no. 1, pp. 212–221. (in Russ.)
8. Aksenov A.Iu., Klishkovskaya T.A. *Programma formirovaniia otcheta biomekhaniki khodby cheloveka* [Human Walking Biomechanics Report Generation Program]. Certificate RF, no. 2020665238, 2020.
9. Motiian S., Pergami P., Guffey K. et al. Automated Extraction and Validation of Children's Gait Parameters with the Kinect. *Biomedicine English Online*, 2015, vol. 14, p. 112. DOI: 10.1186/s12938-015-0102-9
10. Ben Mansour K., Gorce P., Rezzoug N. The Multifeature Gait Score: An Accurate way to Assess Gait Quality. *PLoS One*, 2017, vol. 12, no. 10, e0185741. DOI: 10.1371/journal.pone.0185741
11. Cretual A., Bervet K., Ballaz L. Gillette Gait Index in Adults. *Gait Posture*, 2010, vol. 32, no. 3, pp. 307–310. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.05.015
12. 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, no. 1, p. 153. DOI: 10.1186/s13643-019-1063-z
13. Fändriks A., Tranberg R., Karlsson J. et al. Gait Biomechanics in Patients with Intra-Articular Tibial Plateau Fractures – Gait Analysis at three Months Compared with Age- and Gender-Matched Healthy Subjects. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2021, vol. 22, no. 1, p. 702. DOI: 10.1186/s12891-021-04577-y
14. Lu Z., Sun D., Xu D. et al. Gait Characteristics and Fatigue Profiles when standing on surfaces with Different Hardness: Gait Analysis and Machine Learning Algorithms. *Biology* (Basel), 2021, vol. 10, no. 11, p. 1083. DOI: 10.3390/biology10111083
15. Stansfield B.W., Hillman S.J., Hazlewood M.E. et al. Normalized Speed, not Age, Characterizes Ground Reaction Force Patterns in 5-to 12-Year-Old Children Walking at Self-Selected Speeds. *Journal Pediatric Orthopedic*, 2001, vol. 21, no. 3, pp. 395–402. DOI: 10.1097/01241398-200105000-00026
16. Arhos E.K., Capin J.J., Buchanan T.S., Snyder-Mackler L. Quadriceps Strength Symmetry does not Modify Gait Mechanics after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Rehabilitation, and Return-to-Sport Training. *American Journal Sports Medicine*, 2021, vol. 49, no. 2, pp. 417–425. DOI: 10.1177/0363546520980079

**Информация об авторах**

**Долганов Дмитрий Владимирович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научной лаборатории клиники нейроортопедии и системных заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

**Долганова Тамара Игоревна**, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник научной лаборатории клиники нейроортопедии и системных заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия; профессор кафедры анатомии и физиологии, Курганский государственный университет, Курган, Россия.

**Попков Дмитрий Арнольдович**, доктор медицинских наук, профессор РАН, член-корр. Французской Академии медицинских наук, руководитель клиники нейроортопедии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия; врач детский ортопед, больница Атлас, Белград, Сербия.

**Смолькова Лидия Владимировна**, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

**Трофимов Анатолий Олегович**, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия.

**Information about the authors**

**Dmitrii V. Dolganov**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Scientific Laboratory, Clinic of Neuroorthopedics and Systemic Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.

**Tamara I. Dolganova**, Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher, Scientific Laboratory, Clinic of Neuroorthopedics and Systemic Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia; Professor, Department of Anatomy and Physiology, Kurgan State University, Kurgan, Russia.

**Dmitrii A. Popkov**, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the French Academy of Medical Sciences, Head of the Clinic of Neuroorthopedics, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia; pediatric orthopedist, Atlas Hospital, Belgrade, Serbia.

**Lidiia V. Smolkova**, postgraduate student, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.

**Anatolii O. Trofimov**, postgraduate student, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia.

**Вклад авторов:**

Долганов Д.В. – концепция исследования, выводы;

Долганова Т.И. – оптимизация методики, написание и доработка текста;

Попков Д.А. – участие в интерпретации полученных результатов;

Смолькова Л.В. и Трофимов А.О. – участие в сборе и анализе материала.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:**

Dolganov D.V. – research concept, conclusions;

Dolganova T.I. – methodology optimization, writing and finalizing the text;

Popkov D.A. – interpretation of the results obtained;

Smolkova L.V. and Trofimov A.O. – data collection and analysis.

The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 20.06.2023**

**The article was submitted 20.06.2023**