

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ С КОКСАРТРОЗОМ

Кирпичев И.В., Королева С.В., Усмани М.А.

Ивановская государственная медицинская академия,
ул. Демидова, д. 9, г. Иваново, 153002, Российская Федерация

Резюме

Введение. Коксартроз — одна из наиболее распространённых форм остеоартрита крупных суставов. Основным вопросом при реабилитации, в том числе, после эндопротезирования, является восстановление функции конечностей. Новые подходы в реабилитации актуализировали медицинские технологии, позволяющие объективизировать нарушенную функцию, «цифровизировать» результаты мультидисциплинарного подхода.

Одной из интегральных функциональных характеристик движения является ходьба. Объективный анализ ходьбы может решить проблему индивидуализированной стратегии лечения и реабилитации.

Цель исследования — выявить изменения временных, пространственных и фазовых характеристик ходьбы у пациентов с установленным диагнозом остеоартрита тазобедренных суставов (коксартрозами).

Материалы и методы. Обследованы 34 пациента с односторонним идиопатическим коксартрозом. Обследование проводилось накануне эндопротезирования. В качестве контрольной группы обследовано 26 пациентов без патологии. Регистрация параметров ходьбы проводилась с помощью тренажера ходьбы с БОС «Стэдис» ООО «Нейрософт» в комплектации «Оценка». Фиксировались стандартные временные, пространственные и фазовые характеристики ходьбы. Результаты обработаны стандартными методами медико-биологической статистики с использованием пакета прикладных программ на платформе Statistica12.

Результаты. Основным методологическим подходом стал постулат о единой кинематической цепи нижних конечностей при коксартрозе. По временным показателям не установлено достоверных различий с группой контроля. По фазовым показателям ходьбы выявлено, что у пациентов с коксартрозом увеличивается длительность двойной опоры на 12,05% цикла шага по сравнению с контрольной группой, и уменьшается период одиночной опоры со стороны больной конечности на 4,8% цикла шага, а период переноса увеличивается на 4,9% цикла шага по сравнению с контралатеральной конечностью.

Обсуждение. Данные нарушения носили, по нашему мнению, компенсаторный характер, направленный на снижение нагрузки на больную ногу, а увеличение двойной опоры согласуется с увеличением базы шага за счет увеличения циркумдукции на здоровой стороне.

Заключение. Выявленные изменения ходьбы у больных с коксартрозом позволяют вплотную подойти к разработке единого, универсального, мультидисциплинарного протокола сопровождения: особенности временных, пространственных и фазовых показателей ходьбы носят компенсаторный характер и могут быть использованы в качестве маркеров эффективности ортопедической коррекции и терапии.

Ключевые слова: реабилитация, эндопротезирование, тазобедренный сустав, биомеханика ходьбы, функция ходьбы, инерциальные сенсоры, Стэдис.

Кирпичев И.В., Королева С.В., Усмани М.А. Исследование временных характеристик ходьбы у пациентов с коксартрозом // Физическая и реабилитационная медицина. — 2023. — Т. 5. — № 2. — С. 65-71. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-65-71.

Kirpichev IV, Koroleva SV, Usmani MA. Issledovanie vremennykh kharakteristik khod'by u pacientov s koksartrozom [Study of the temporal characteristics of gaiting in patients with coxarthrosis]. Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2023;5(2):65-71. DOI: 10.26211/2658-4522-2023-5-2-65-71. (In Russian).

Светлана Валерьевна Королева / Svetlana V. Koroleva; e-mail: drqueen@mail.ru

STUDY OF THE TEMPORAL CHARACTERISTICS OF GAITING IN PATIENTS WITH COXARTHROSIS

Kirpichev IV, Koroleva SV, Usmane MA

*Ivanovo State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation,
9 Demidova Str., 153002, Ivanovo, Russian Federation*

Abstract

Introduction. Coxarthrosis is one of the most common forms of osteoarthritis of large joints. The main issue in rehabilitation, including after arthroplasty, is the restoration of limb function. New approaches to rehabilitation have updated medical technologies that make it possible to objectify the impaired function, to “digitize” the results of a multidisciplinary approach.

One of the integral functional characteristics of movement is walking. An objective analysis of walking can solve the problem of an individualized treatment and rehabilitation strategy.

Aim. To identify changes in the temporal, spatial and phase characteristics of walking in patients with an established diagnosis of osteoarthritis of the hip joints (coxarthrosis).

Materials and methods. 34 patients with unilateral idiopathic coxarthrosis were examined. The examination was carried out on the eve of endoprosthetics. As a control group, 26 patients without pathology were examined. Registration of walking parameters was carried out using a walking simulator with biofeedback system “Stadis” LLC “Neurosoft” in the configuration “Assessment”. The standard temporal, spatial and phase characteristics of walking were recorded. The results were processed by standard methods of biomedical statistics using the application package on the Statistica12 platform.

Results. The main methodological approach was the postulate of a single kinematic chain of the lower extremities in coxarthrosis. There were no significant differences with the control group in terms of temporal indicators. According to the phase indicators of walking, it was found that in patients with coxarthrosis, the duration of double support increases by 12.05% of the step cycle compared to the control group, and the period of single support from the side of the diseased limb decreases by 4.8% of the step cycle, and the transfer period increases by 4.9% stride cycle compared to the contralateral limb.

Discussion. These disorders were, in our opinion, compensatory in nature, aimed at reducing the load on the affected leg; and the increase in double support is consistent with the increase in the base of the stride due to the increase in circumduction on the unaffected side.

Conclusion. The revealed changes in walking in patients with coxarthrosis allow us to come close to the development of a single, universal, multidisciplinary protocol for walking-based support: the features of temporal, spatial and phase parameters of walking are compensatory in nature and can be used as markers of the effectiveness of orthopedic correction and therapy.

Keywords: rehabilitation, endoprosthetics, hip joint, walking biomechanics, walking function, inertial sensors, Steadys.

Studies involving human subjects. All procedures performed in this study with the human participants were in accordance with the Ethical Standards of the Institutional and or National Research Committee and with the 1964 Helsinki Declaration and its later amendments or comparable ethical standards. Informed consent (in written form) was obtained from each participant prior to study participation.

Inclusion of identifiable human data. This article does not contain potentially identifiable images or human data.

Publication ethics. All data is real and authentic; the submitted article was not previously published; all borrowings are correct.

Conflict of interest. There is no information about a conflict of interest.

Source of financing. The study had no sponsorship.

Received: 30.03.2023

Accepted for publication: 15.06.2023

Введение / Introduction

Коксартроз — одна из наиболее распространённых форм остеоартрита крупных суставов [1]. Тяжелые функциональные нарушения, связанные с данным заболеванием и проявляющиеся выраженным болевым синдромом, нарушением опороспособности конечности, выраженными контрактурами суставов, — приводят к инвалидизации пациентов в трети случаев заболевания. Краеугольным вопросом при реабилитации этих

пациентов, в том числе, после эндопротезирования, является решение вопроса о восстановлении функции конечностей [2, 3]. Новые подходы в модели реабилитации актуализировали медицинские технологии, позволяющие объективизировать нарушенную функцию, «цифровизировать» результаты. Одной из интегральных функциональных характеристик движения является ходьба [4]. Для травматологов и ортопедов ходьба, главным образом, характеризуется с точки зрения наруше-

ния функции, для специалистов нехирургического профиля — с точки зрения функционирования, активности. Анализ ходьбы в единых показателях, автоматизированный протокол при коксартрозе позволят объективизировать функциональные нарушения у пациентов, что разрешит проблему индивидуализированной стратегии лечения и реабилитации больных при мультидисциплинарном сопровождении.

Цель / Aim

Цель исследования — выявить изменения временных, пространственных и фазовых характеристик ходьбы у пациентов с установленным диагнозом остеоартрита тазобедренных суставов (коксартрозами).

Материалы и методы / Materials and methods

Обследовано 34 пациентов с односторонним идиопатическим коксартрозом, проходивших лечение в ортопедическом отделении ОБУЗ «Ивановский областной госпиталь для ветеранов войн» в 2022 г. Обследование пациентов во всех случаях проводилось накануне эндопротезирования. В качестве контрольной группы обследовано 26 пациентов без патологии тазобедренных суставов (табл. 1).

Обследуемые группы были сопоставимы по полу, но группа коксартроза (что ожидаемо) оказалась достоверно старше. В то же время, автома-

тическая локомоция ходьбы приобретает устойчивые индивидуальные характеристики к 20 годам, поэтому влиянием возраста можно пренебречь. Регистрация ходьбы проводилась с помощью тренажера ходьбы с БОС «Стэдис» ООО «Нейрософт» в комплектации «Оценка» [5]. Инерциальные сенсоры (5 штук) устанавливались на крестце, средней трети бедра и на 2 см выше наружных лодыжек голени. Пациент в течение 2-х минут ходил по ровной поверхности в удобном для себя темпе. Затем в автоматическом режиме формировался протокол обследования.

Среди временных характеристик использованы показатели цикла шага (ЦШ, сек) — время от удара пяткой до следующего удара этой же пяткой о поверхность опоры, высота подъема стопы (см), циркумдукция (см) — расстояние от центральной линии направления ходьбы до идентичных точек стопы во фронтальной плоскости (половина от базы шага). Фазовые параметры ходьбы (рис. 1):

– период опоры (ПО) — часть цикла шага (ЦШ) (в %), при котором конечность контактирует с опорой;

– период переноса (ПП) — часть ЦШ (в %), при котором конечность не контактирует с опорой;

– период одиночной опоры (ОО) — часть ЦШ (в %), при которой с опорой контактирует только одна конечность;

– период двойной опоры (ДО) — часть ЦШ (в %) при которой с опорой контактируют обе конечности.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика больных / Characteristics of patients

Характеристики / Characteristics	Группа коксартроза / Group of coxarthrosis (n = 34)	Контрольная группа / Control group (n = 26)
Пол (М/Ж) / Gender (M/F)	15/19	14/12
Средний возраст / Average age	61,41±2,64 лет	31,20±3,41 год
Поврежденный сустав / Damaged joint (Dex/Sin)	18/16	—

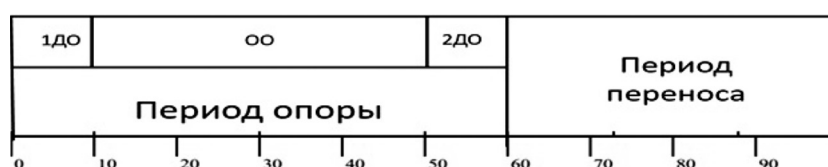


Рисунок 1. Временные фазовые параметры ходьбы (1ДО — период первой двойной опоры, 2ДО — период второй двойной опоры, ОО — период одиночной опоры)

Figure 1. Temporal phase parameters of walking (1DO — the period of the first double support, 2DO — the period of the second double support, OO — the period of a single support)

Все показатели сравнивали с группой контроля, а также между здоровой и пораженной конечностью. Основным методологическим подходом стал постулат о единой кинематической цепи нижних конечностей, не позволяющий рассматривать здоровую конечность изолированно от больной при выполнении двигательного теста (ходьбы). Результаты представлены в виде $M \pm m$, где M — среднее арифметическое, m — стандартная ошибка среднего, обработаны стандартными методами медико-биологической статистики при уровне значимости 5% с использованием пакета прикладных статистических программ на платформе Statistica12.

Результаты / Results

Цикл шага (ЦШ, сек) был незначительно увеличен в группе коксартроза ($1,31 \pm 0,04$ сек), при этом время шага для здоровой конечности было несколько меньше, чем для больной ($0,65 \pm 0,02$ сек против $0,68 \pm 0,03$, $p \geq 0,05$). Половина от базы шага (циркумдукция) оказалась больше со стороны здоровой конечности ($2,68 \pm 0,24$ см против $2,40 \pm 0,24$ см; $p \geq 0,05$), что свидетельствует о девиации центра базы шага в сторону здоровой конечности и щажении, компенсаторной разгрузке больной. Указанный механизм изменения биомеханики ходьбы просматривается и в уменьшении высоты подъема стопы — с больной стороны этот показатель составил $8,68 \pm 0,37$ см против $9,36 \pm 0,42$ см на здоровой стороне. Указанные различия не были достоверны, но для всех пациентов оказались однотипны. Ранее было установлено, что в сроки 6 мес.

после эндопротезирования сохраняется увеличенная амплитуда вращения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, что свидетельствует о сохраняющемся включении более высокого уровня компенсации. У пациентов в группе коксартроза до эндопротезирования подобной тенденции не обнаружено — амплитуда вращения таза симметрична с больной и здоровой стороны ($8,60 \pm 0,75^\circ$ против $8,56 \pm 0,74^\circ$). Таким образом, у пациентов с коксартрозом по нефазовым временным показателям ходьбы не установлено достоверных различий с группой контроля. Это согласуется с результатом ранее проведенного факторного анализа, согласно которому почти 50% вклад в измененный паттерн ходьбы вносят именно фазовые временные показатели.

Анализ фазовых временных характеристик ходьбы между группами коксартроза и контрольной выявил (табл. 2) увеличение периода опоры за счет периода двойной опоры в исследуемой группе, при этом периоды одиночной опоры и переноса уменьшались. Также обращает внимание выраженное увеличение асимметрии между конечностями по фазовым показателям в группе коксартроза.

Выявленные изменения фазовых временных характеристик ходьбы также свидетельствуют в пользу щажения пораженной коксартрозом конечности во время ходьбы (табл. 3).

На рисунке 2 представлен типичный протокол оценки функции ходьбы у пациента с коксартрозом. Стрелками обозначены характерные показатели, описанные выше.

Таблица 2 / Table 2

Результаты оценки временных характеристик ходьбы у контрольной и исследуемой группы / The results of assessing the temporal characteristics of walking in the control and study groups

Показатель / Index	Группа коксартроза / Group of coxarthrosis (n = 34)	Контрольная группа / Control group (n = 26)	Достоверность / Reliability
ПО / Support period, ПО ($M \pm m$), %	$68,01 \pm 0,81$	$62,93 \pm 0,16$	$p < 0,001$
Разница ПО / Support period difference ($M \pm m$)	$5,81 \pm 1,03$	$0,2 \pm 0,03$	$p < 0,001$
ОО / Single support ($M \pm m$), %	$32,23 \pm 0,77$	$36,91 \pm 0,22$	$p < 0,001$
Разница ОО / Single support difference ($M \pm m$)	$5,67 \pm 0,99$	$0,19 \pm 0,035$	$p < 0,001$
ДО / Double support ($M \pm m$), %	$37,77 \pm 1,56$	$25,72 \pm 0,54$	$p < 0,001$
ПП / Transfer period ($M \pm m$), %	$32,03 \pm 0,81$	$37,59 \pm 0,25$	$p < 0,001$
Разница ПП / Transfer period difference ($M \pm m$)	$5,81 \pm 1,03$	$0,25 \pm 0,98$	$p < 0,001$

**Результаты оценки временных фазовых характеристик ходьбы у больных
в группе коксартроза / Results of assessing the temporal phase characteristics of walking
in patients in the coxarthrosis group**

Показатель / Index	Больная конечность / Diseased limb	Здоровая конечность / Healthy limb	Достоверность / Reliability
ПО/ Support period, PO (M±m), %	65,55±0,88	70,44±1,12	$p = 0,0004$
ОО / Single support (M±m), %	29,81±1,04	34,61±0,86	$p = 0,0003$
ПП / Transfer period (M±m), %	34,45±0,88	29,55±1,12	$p = 0,0012$



Рисунок 2. Протокол оценки ходьбы б-й М., 66 лет.

Диагноз — Коксартроз правого тазобедренного сустава, III ст. Цифрами указаны: фазовые показатели: 1 — ПО; 2 — ОО; 3 — ДО; 4 — циркумдукция; 5 — временные параметры.

Синий/верхний столбик — показатели левой нижней конечности, желтый/нижний — правой

Figure 2. Protocol for assessing walking M., 66 years old. Diagnosis — Coxarthrosis of the right hip joint, stage III.

The numbers indicate: phase indicators: 1 — PO; 2 — OO; 3 — DO; 4 — circumduction; 5 — time parameters.

Blue/upper column — indicators of the left lower limb, yellow/lower — right

Обсуждение / Discussion

Полученные нами данные свидетельствуют о выраженном нарушении временных фазовых характеристик ходьбы у пациентов группы коксартроза, по сравнению с контрольной группой. Выявлено, что у пациентов с коксартрозом увеличивается длительность двойной опоры на 12,1% цикла шага и уменьшается период одиночной опоры со стороны больной конечности на 4,8% цикла шага, согласовано увеличивается период переноса на 4,9% цикла шага по сравнению с контралатеральной конечностью. Данные изменения носили, по нашему мнению, компенсаторный характер, направленный на снижение нагрузки на больную ногу, при сохранении оптимального уровня энергозатратности ходьбы. Увеличение двойной опоры у исследуемой группы объясняется попыткой переноса нагрузки на здоровую конечность, что согласуется с увеличением базы шага за счет увеличения циркумдукции на здоровой стороне.

Заключение / Conclusion

Выявленные изменения ходьбы у больных с коксартрозом позволяют вплотную подойти к разработке единого, универсального, мультидисциплинарного протокола сопровождения на основе ходьбы: особенности временных, пространственных и фазовых показателей ходьбы носят компенсаторный характер и могут быть использованы в качестве маркеров эффективности ортопедической коррекции и терапии.

Этика публикации. Представленная статья ранее опубликована не была.

Конфликт интересов. Информация о конфликте интересов отсутствует.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Шубняков И.И., Тихилов Р.М., Николаев Н.С., Григоричева Л.Г. и др. Эпидемиология первичного эндопротезирования тазобедренного сустава на основании данных регистра артропластики РНИИТО им. Р.Р. Вредена // Травматология и ортопедия России. — 2017. — Т. 23. — № 2. — С. 81-101. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101.
2. Кирпичев И.В., Верещагин Н.А. Королева С.В. Дифференцированный подход к диагностике болевого синдрома в послеоперационном периоде у больных после первичного эндопротезирования тазобедренного сустава // Вестник Ивановской медицинской академии. — 2014. — Т. 19. — №2. — С. 75-81.
3. Королева С.В. Технология объективной оценки двигательных нарушений в динамике реабилитации у больных травматолого-ортопедического профиля // Физическая и реабилитационная медицина. — 2022. — Т.4. — №1. — С.47-52. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-47-52.
4. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия. М.: Т.М. Андреева, 2007. — 640 с.
5. Система для оценки функции ходьбы и тренажер ходьбы с биологической обратной связью «Стэдис» Доступен по: <https://neurosoft.com/ru/catalog/sectionview/id/2974>. (дата обращения: 21.01.2023).

References

1. Shubnyakov II, Tikhilov RM, Nikolaev NS, Grigoricheva LG et al. Epidemiologiya pervichnogo endoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava na osnovanii dannykh registra artroplastiki RNIITO im. RR Vredena [Epidemiology of Primary Hip Arthroplasty: Report from Register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia], 2017;23(2):81-101. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-2-81-101. (In Russian).
2. Kirpichev IV, Vereshchagin NA Koroleva SV. Differentsirovannyu podkhod k diagnostike bolevoogo sindroma v posleoperatsionnom periode u bol'nykh posle pervichnogo endoprotezirovaniya tazobedrennogo sustava [Differentiated approach to the diagnosis of pain syndrome in the postoperative period in patients after primary hip arthroplasty] // *Vestnik Ivanovskoy meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Ivanovo Medical Academy]. 2014; 19 (2):75-81. (In Russian).
3. Koroleva SV. Tehnologiya obektivnoi ocenki dvigatel'nykh narushenii v dinamike reabilitatsii u bol'nykh travmatologooropedicheskogo profilya [The Technology of Objective Assessment of Motor Disorders in the Dynamics of Rehabilitation in Patients with Traumatic and Orthopedic Profile]. *Fizicheskaya i reabilitatsionnaya medicina* [Physical and Rehabilitation Medicine]. 2022;4(1):47-52. DOI: 10.26211/2658-4522-2022-4-1-47-52. (In Russian).
4. Skvortsov DV. Diagnostika dvigatel'noy patologii instrumental'nymi metodami: analiz pokhodki, stabilometriya [Diagnosis of motor pathology by instrumental methods: gait analysis, stabilometry]. Moscow: T.M. Andreyeva, 2007. (In Russian).
5. System for assessing gait function and gait trainer with biofeedback "Steadys". Available at: <https://neurosoft.com/ru/catalog/sectionview/id/2974>. (accessed 21.01.2023). (In Russian).

Рукопись поступила: 30.03.2023

Принята в печать: 15.06.2023

Авторы

Кирпичев Иван Владимирович — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии Минздрава России, ул. Демидова, д. 9, г. Иваново, 153002, Российская Федерация; тел.: +79051079340; e-mail: doc.kirpichev@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2918-941X>.

Королева Светлана Валерьевна — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии Минздрава России, ул. Демидова, д. 9, г. Иваново, 153002, Российская Федерация; тел.: +79158440797; e-mail: drqueen@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7677-1077>.

Усмани Махамат Али Сулеймане — студент 6 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО Ивановской государственной медицинской академии Минздрава России, Шереметевский пр-т, д. 8, г. Иваново, 153000, Российская Федерация; тел.: +79965167514; e-mail: djaffal287@gmail.com.

Authors

Kirpichev Ivan Vladimirovich, Grand PhD of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ivanovo State Medical Academy” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 9 Demidova Str., Ivanovo, 153002, Russian Federation; tel.: +79051079340; e-mail: doc.kirpichev@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0003-2918-941X>.

Koroleva Svetlana Valerievna, Grand PhD of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ivanovo State Medical Academy” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 9 Demidova Str., Ivanovo, 153002, Russian Federation; tel.: +79158440797; e-mail: drqueen@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7677-1077>.

Usmane Makhamat Ali Suleimane, 6th year student of the Medical Faculty, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ivanovo State Medical Academy” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 8 Sheremetevsky Ave, Ivanovo, 153000, Russian Federation; tel.: +79965167514; e-mail: djaffal287@gmail.com.