

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИМНАСТИКИ ТАЙЦИЦЮАНЬ В ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА У ЮНЫХ ГИМНАСТОК И УЧАЩИХСЯ ХОРЕОГРАФИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ

О.С. Васильев*/** ORCID: [0000-0002-7720-375X](https://orcid.org/0000-0002-7720-375X)

С.П. Левушкин*/*** ORCID: [0000-0003-0866-0014](https://orcid.org/0000-0003-0866-0014)

Е.Е. Ачкасов**** ORCID: [0000-0001-9964-5199](https://orcid.org/0000-0001-9964-5199)

В.И. Лях* ORCID: [0000-0001-6257-0488](https://orcid.org/0000-0001-6257-0488)

А.Н. Шарапов* ORCID: [0000-0002-6862-8115](https://orcid.org/0000-0002-6862-8115)

*Институт возрастной физиологии Российской академии образования
(Москва)

**Центральная государственная медицинская академия
(Москва)

***Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма
(Москва)

****Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
(Москва)

Различные виды двигательной активности, в т. ч. китайская гимнастика тайцзицюань, прочно вошли в арсенал физической реабилитации юных спортсменов при травмах коленного сустава. Однако многие физиологические механизмы воздействия применяемых методик до сих пор нуждаются в уточнении. В исследовании приняли участие 38 девушек в возрасте от 10 до 16 лет (средний возраст 12,5 лет, интерквартильный разброс [10,8; 13,2] лет), занимающихся деятельностью, связанной с искусством движения (гимнастика, хореография), имеющих повреждения от перегрузки в области коленного сустава и нуждающихся в восстановлении его функции. Все участники исследования были поделены на две группы: основную, представители которой проходили физическую реабилитацию с использованием специально разработанного авторами комплекса движений тайцзицюань, и контрольную, представители которой проходили стандартный курс физической реабилитации в зале лечебной физической культуры. По окончании 2-недельного восстановительного курса всем участникам проводили изокинетическое тестирование коленного сустава с использованием мультисуставного роботизированного лечебно-диагностического комплекса Biodex System 4 Pro (США). Результаты тестирования при помощи кластерного анализа были типизированы на три характерных паттерна ($p = 0,004$ по критерию χ^2): 1) недостаточность силовых показате-

Ответственный за переписку: Левушкин Сергей Петрович, адрес: 119121, Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2; e-mail: levushkinsp@mail.ru

Для цитирования: Васильев О.С., Левушкин С.П., Ачкасов Е.Е., Лях В.И., Шарапов А.Н. Оценка эффективности гимнастики тайцзицюань в физической реабилитации коленного сустава у юных гимнасток и учащихся хореографических училищ // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 2. С. 115–125. DOI: 10.37482/2687-1491-Z049

лей (пик вращающего момента, пик вращающего момента, отнесенного к массе тела) и функциональных параметров (угол пика вращающего момента, время замедления) при сгибании – разгибании на высоких скоростях; 2) недостаточность функциональных показателей (время к пику вращающего момента, время замедления); 3) недостаточность силовых показателей (пик вращающего момента, пик вращающего момента, отнесенного к массе тела). Исследование установило, что классические средства физической реабилитации хорошо восстанавливают динамические мышечные показатели (пик вращающего момента), в то время как гимнастика тайцзицюань оптимально восстанавливает функциональные показатели активации мышц (угол пика вращающего момента, время замедления).

Ключевые слова: физическая реабилитация, травма коленного сустава, гимнастика тайцзицюань, изокинетическое тестирование, юные спортсмены, художественная гимнастика, хореография.

Восстановление функции коленного сустава у юных спортсменов после повреждений от перегрузки является актуальной задачей физической реабилитации [1, 2]. В арсенал восстановительной медицины входят различные средства и методы реабилитации, одним из которых является китайская гимнастика тайцзицюань [1–7]. Гимнастика тайцзицюань (стиль Ян) характеризуется сложнокоординационными непрерывными плавными движениями, выполняемыми по дугообразным или спиралевидным траекториям в медленном темпе [5]. В реабилитационных целях рекомендуется практиковать не классический стандартизированный комплекс, а лишь отдельные движения, представляющие собой разогревающие упражнения, а также упражнения, способствующие релаксации и повышению силы и гибкости [4–7].

Многочисленные исследования демонстрируют, что занятия тайцзицюань способствуют увеличению изокинетической силы концентрических и эксцентрических сокращений коленного сустава с преимущественным увеличением силы экстензоров коленного сустава [6, 7]. X. Lu et al. [7] на основании изокинетического тестирования коленного сустава при скорости 30°/с показали, что группа, занимающаяся гимнастикой тайцзицюань, отличалась большей эксцентрической мышечной силой как в экстензорах, так и во флексорах колена по сравнению с контрольной группой. При этом исследования физиологических механизмов воздействия гимнастики тайцзицюань при восстановлении

функции поврежденного коленного сустава у юных спортсменов еще не проводились.

Цель данной работы – при помощи изокинетического тестирования оценить эффективность гимнастики тайцзицюань в восстановлении функции коленного сустава после повреждений от перегрузки.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие девушки ($n = 38$) в возрасте от 10 до 16 лет (средний возраст 12,5 лет, интерквартильный разброс [10,8; 13,2] лет) – представители видов активности, связанных с искусством движения (гимнастика, хореография), имеющие повреждения от перегрузки в области коленного сустава и нуждающиеся в восстановлении его функции. Все участники исследования и их законные представители дали информированное согласие на участие, исследование одобрено этическим комитетом Центральной государственной медицинской академии (протокол № 01-1/2021).

Обследуемые были случайным образом поделены на основную и контрольную группы. Представители основной группы проходили физическую реабилитацию с использованием специально разработанного комплекса движений тайцзицюань, обследуемые контрольной группы – курс стандартной физической реабилитации в зале лечебной физической культуры. Занятия в обеих группах проводились 2–3 раза в неделю по 40–45 мин в течение 2 недель с рекомендацией выполнять отдельные упражнения дома. В случае необходимости, по

медицинским показаниям, физическую реабилитацию как в основной, так и в контрольной группе пролонгировали, однако для оценки эффективности восстановительных мероприятий в основной и контрольной группах был выбран 2-недельный период.

После прохождения курса физической реабилитации всем участникам исследования выполняли клинико-биомеханическое изокинетическое тестирование с использованием мультисуставного роботизированного лечебно-диагностического комплекса Biodex System 4 Pro (США) [8–10]. Оценивали следующие параметры интактной (здоровой) и восстанавливаемой (поврежденной) конечностей: пик вращающего момента (ВМ), Н/м; пик ВМ, отнесенного к массе тела (МТ), %; время к пику ВМ, мс; угол пика ВМ, ...°; время ускорения и замедления, мс; полный объем движения в суставе (ROM), ...°.

Математическое и компьютерное моделирование, анализ данных и их статистическую обработку проводили в среде научно-статистического анализа RStudio (version 1.2.1335), распространяемой по свободной лицензии (GNU

AFFERO General Public License, version 3). Для оценки различий между двумя независимыми выборками применяли непараметрический *U*-критерий Манна–Уитни. Анализ сопряженности проявления признаков (сравнение частот) осуществляли при помощи критерия χ^2 Пирсона. Кластерный анализ проводили с использованием неиерархических алгоритмов (метод *k*-средних, $p < 0,05$) в среде RStudio.

Результаты. Кластерный анализ параметров изокинетического тестирования коленного сустава интактной (здоровой) и восстанавливаемой (поврежденной) конечностей после 2-недельного прохождения курса физической реабилитации в основной и контрольной группах выявил 3 изокинетических паттерна движения, свойственных обследуемым.

1-й изокинетический паттерн движения (табл. 1) характерен для обеих групп. При относительно полном восстановлении функции разгибателей на средних скоростях (60–120°/с) отмечается недовосстановление пика ВМ и времени замедления сгибателей и разгибателей на высоких скоростях (180–240°/с), а также увеличение угла пика ВМ сгибателей на сред-

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА 1-го ПАТТЕРНА ИЗОКИНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ У ЮНЫХ ГИМНАСТОК И УЧАЩИХСЯ ХОРЕОГРАФИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ ПОСЛЕ КУРСА РЕАБИЛИТАЦИИ

CHARACTERISTICS OF PATTERN 1 OF ISOKINETIC TESTING OF KNEE JOINTS IN YOUNG RHYTHMIC GYMNASTS AND CHOREOGRAPHY STUDENTS AFTER REHABILITATION

Показатель	Разница показателей поврежденного (ПС) и здорового (ЗС) сустава при скорости, ...°/с			
	90	120	180	240
<i>Разгибание</i>				
Пик ВМ	н/з***	н/з***	ПС < ЗС*	ПС < ЗС*
Пик ВМ/МТ	н/з***	н/з***	ПС < ЗС*	ПС < ЗС*
Время к пику ВМ	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***
Угол пика ВМ	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***
Время ускорения	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***
Время замедления	н/з***	н/з***	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*
ROM	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***

Окончание табл. 1

Показатель	Разница показателей поврежденного (ПС) и здорового (ЗС) сустава при скорости, ...°/с			
	90	120	180	240
<i>Сгибание</i>				
Пик ВМ	н/з***	н/з***	ПС < ЗС*	ПС < ЗС*
Пик ВМ/МТ	н/з***	н/з***	ПС < ЗС*	ПС < ЗС*
Время к пику ВМ	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***
Угол пика ВМ	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*
Время ускорения	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***
Время замедления	н/з***	н/з***	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*
ROM	н/з***	н/з***	н/з***	н/з***

Примечание. Обозначения: ПС > ЗС – показатель поврежденного сустава выше показателя здорового; ПС < ЗС – показатель поврежденного сустава ниже показателя здорового; н/з – разница между показателями поврежденного и здорового сустава незначительна (до 15–20 %). Статистическая значимость отличий устанавливалась по U-критерию Манна–Уитни: * – $p < 0,05$; *** – $p > 0,1$.

них и высоких скоростях (90–240°/с). Общей рекомендацией для всех представителей паттерна было продолжение реабилитации в своей группе с добавлением упражнений из другой группы.

На *рис. 1* представлен пример 1-го паттерна – графики изокинетического тестирования коленного сустава у учащейся хореографического училища 12 лет (диагноз – остеохондропатия левого надколенника): А, Б – до начала восстановительного лечения; В–Е – по окончании восстановительного лечения.

2-й изокинетический паттерн движения (*табл. 2*, см. с. 120) характерен преимущественно для *контрольной группы*. На фоне практически полного восстановления основных силовых параметров (пик ВМ, пик ВМ/МТ) на средних скоростях (90–120°/с) отмечается недовосстановление временных параметров: времени к пику ВМ на высоких скоростях (120–240°/с) при разгибании и времени замедления на средних скоростях (90–120°/с) при сгибании. Общая рекомендация для всех представителей данного паттерна – продолжить реабилитацию в своей группе с добавлением упражнений из основной группы.

На *рис. 2*, см. с. 121, представлен пример 2-го паттерна – графики изокинетического тестирования коленного сустава у представительницы контрольной группы – спортсменки 10 лет (художественная гимнастика; диагноз – повреждение от перегрузки мягких тканей левого коленного сустава) после курса стандартной физической реабилитации.

3-й изокинетический паттерн движения (*табл. 3*, см. с. 122) характерен преимущественно для *основной группы*. Отмечаются недовосстановление пика ВМ, пика ВМ/МТ при разгибании коленного сустава на скорости 90°/с и нормализация таких параметров, как пик ВМ, пик ВМ/МТ, время к пику ВМ, угол пика ВМ, время ускорения, при сгибании на средних скоростях 90°/с, 120°/с. Общая рекомендация – продолжить курс физической реабилитации в своей группе с добавлением упражнений из контрольной группы.

В ходе проведения типизации основных параметров изокинетического тестирования коленного сустава с применением кластерного анализа мы получили следующие характеристики паттернов:

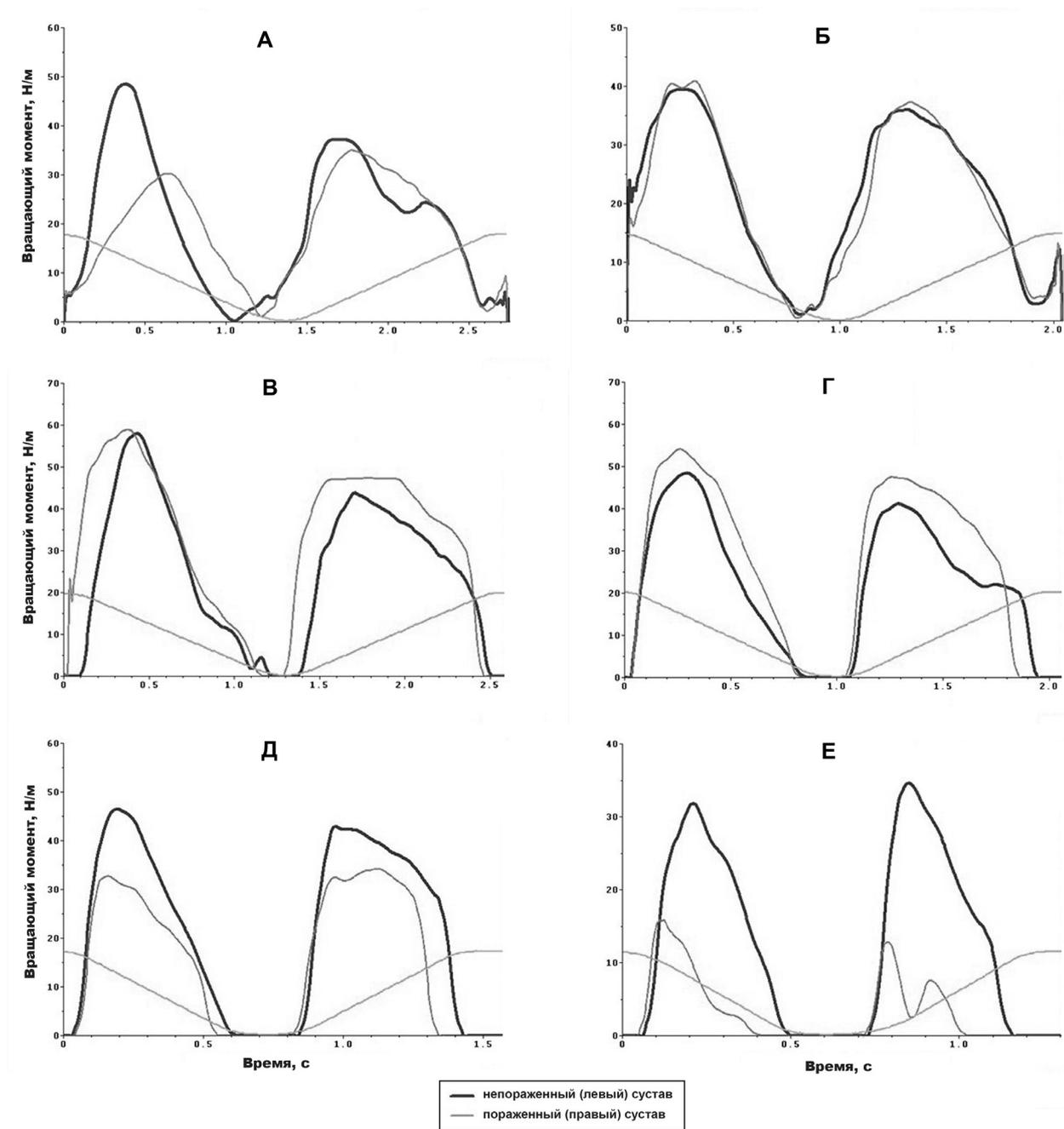


Рис. 1. Результаты изокINETического тестирования коленных суставов у 12-летней учащейся хореографического училища (пример 1-го изокINETического паттерна): *A* – до лечения, скорость 90°/с; *B* – до лечения, скорость 120°/с; *B* – после лечения, скорость 90°/с; *Г* – после лечения, скорость 120°/с; *Д* – после лечения, скорость 180°/с; *Е* – после лечения, скорость 240°/с

Fig. 1. Results of isokinetic testing of knee joints in a 12-year-old choreography student (isokinetic pattern 1)

Таблица 2

**ХАРАКТЕРИСТИКА 2-го ПАТТЕРНА
ИЗОКИНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ
У ЮНЫХ ГИМНАСТОК И УЧАЩИХСЯ ХОРЕОГРАФИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ
ПОСЛЕ КУРСА РЕАБИЛИТАЦИИ**
**CHARACTERISTICS OF PATTERN 2 OF ISOKINETIC TESTING
OF KNEE JOINTS IN YOUNG RHYTHMIC GYMNASTS
AND CHOREOGRAPHY STUDENTS AFTER REHABILITATION**

Показатель	Разница показателей поврежденного (ПС) и здорового (ЗС) сустава при скорости, ...°/с			
	90	120	180	240
<i>Разгибание</i>				
Пик ВМ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Пик ВМ/МТ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время к пику ВМ	н/з**	н/з**	ПС < ЗС*	ПС < ЗС*
Угол пика ВМ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время ускорения	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время замедления	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
ROM	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
<i>Сгибание</i>				
Пик ВМ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Пик ВМ/МТ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время к пику ВМ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Угол пика ВМ	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время ускорения	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**
Время замедления	ПС > ЗС*	ПС > ЗС*	н/з**	н/з**
ROM	н/з**	н/з**	н/з**	н/з**

Примечание. Обозначения – см. табл. 1. Статистическая значимость отличий устанавливалась по *U*-критерию Манна–Уитни: * – $p < 0,05$; ** – $0,05 < p < 0,1$.

1-й паттерн – недостаточность силовых (пик ВМ, пик ВМ/МТ) и функциональных параметров (угол пика ВМ, время замедления) на высоких скоростях;

2-й паттерн – недостаточность функциональных показателей (время к пику ВМ, время замедления);

3-й паттерн – недостаточность силовых показателей (пик ВМ, пик ВМ/МТ).

Обследуемые распределились по паттернам следующим образом: 1-й паттерн – 5 человек из основной группы, 6 человек из контрольной группы; 2-й паттерн – 4 и 9 человек соответственно; 3-й паттерн – 9 и 5 человек соответственно. При сравнении сопряженности основной и контрольной групп число степеней свободы было равно 4; значение критерия χ^2 составило 16,261; крити-

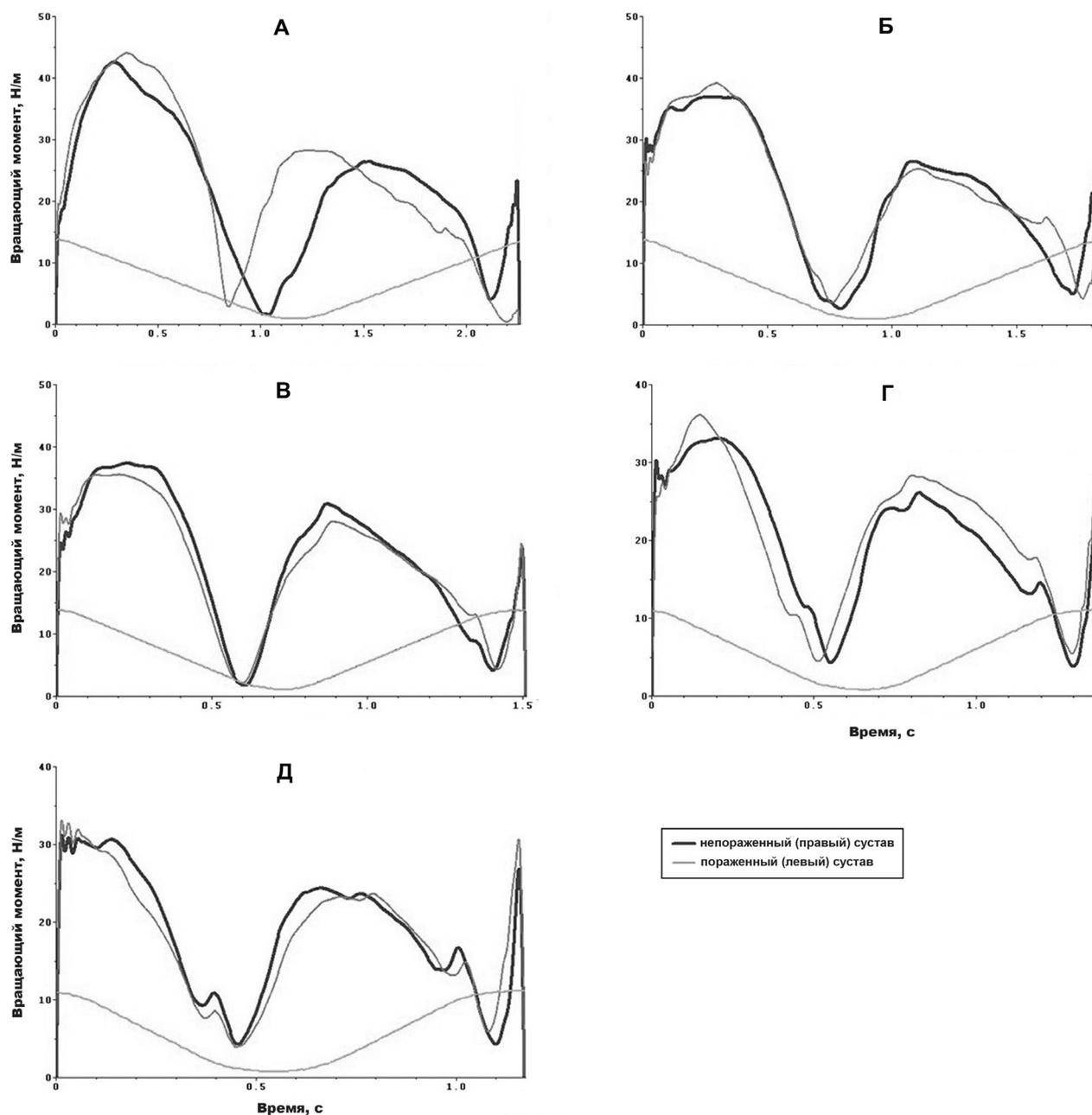


Рис. 2. Результаты изокINETического тестирования коленных суставов 10-летней школьницы-спортсменки (художественная гимнастика) после курса физической реабилитации левого коленного сустава в контрольной группе (пример 2-го изокINETического паттерна): А – скорость 90°/с; Б – скорость 120°/с; В – скорость 150°/с; Г – скорость 180°/с; Д – скорость 240°/с

Fig. 2. Results of isokinetic testing of knee joints in a 10-year-old rhythmic gymnast after a course of physical rehabilitation of the left knee joint in the control group (isokinetic pattern 2)

Таблица 3

**ХАРАКТЕРИСТИКА 3-го ПАТТЕРНА ИЗОКИНЕТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ У ЮНЫХ ГИМНАСТОК И УЧАЩИХСЯ
ХОРЕОГРАФИЧЕСКИХ УЧИЛИЩ ПОСЛЕ КУРСА РЕАБИЛИТАЦИИ
CHARACTERISTICS OF PATTERN 3 OF ISOKINETIC TESTING OF KNEE JOINTS
IN YOUNG RHYTHMIC GYMNASTS AND CHOREOGRAPHY STUDENTS
AFTER REHABILITATION**

Показатель	Разница показателей поврежденного (ПС) и здорового (ЗС) сустава при скорости, ...°/с	
	90	120
<i>Разгибание</i>		
Пик ВМ	ПС < ЗС*	н/з***
Пик ВМ/МТ	ПС < ЗС*	н/з***
Время к пику ВМ	ПС > ЗС** / ПС < ЗС**	ПС > ЗС** / ПС < ЗС**
Угол пика ВМ	ПС > ЗС** / ПС < ЗС**	ПС > ЗС** / ПС < ЗС**
Время ускорения	н/з***	н/з***
Время замедления	н/з***	н/з***
ROM	н/з***	н/з***
<i>Сгибание</i>		
Пик ВМ	н/з***	н/з***
Пик ВМ/МТ	н/з***	н/з***
Время к пику ВМ	н/з***	н/з***
Угол пика ВМ	н/з***	н/з***
Время ускорения	н/з***	н/з***
Время замедления	н/з***	н/з***
ROM	н/з***	н/з***

Примечание. Обозначения – см. табл. 1. Статистическая значимость отличий устанавливалась по U-критерию Манна–Уитни: * – $p < 0,05$; ** – $0,05 < p < 0,1$; *** – $p > 0,1$.

ческое значение χ^2 при уровне значимости $p = 0,01$ составило 13,277; уровень значимости $p = 0,004$.

Обсуждение. Качественно проведенная физическая реабилитация по стандартной методике, как показали результаты контрольной группы, способствует восстановлению силовых (динамических) параметров движения в коленном суставе, особенно на высоких скоростях. Но функциональные параметры активации мышц (угол пика ВМ, время замедления

на средних скоростях) намного лучше восстанавливались в основной группе, где использовалась гимнастика тайцзицюань ($p = 0,004$ по критерию χ^2).

Двухнедельный курс физической реабилитации в контрольной группе в целом был результативнее, чем аналогичный по времени курс тайцзицюань в основной группе. Возможно, это связано с тем, что китайская гимнастика ориентирована на более продолжительные занятия.

Кластерный анализ данных сравнительного изокинетического тестирования – параметров коленного сустава интактной (здоровой) и восстанавливаемой (поврежденной) конечностей после 2-недельного курса физической реабилитации (основная группа – гимнастика тайцзицюань, контрольная группа – стандартная методика лечебной физической культуры) выявил 3 типовых изокинетических паттерна восстановления функции сустава на сгибание-разгибание, имеющих прогностическую ценность. Установлено, что 2-й и 3-й паттерны являются

наиболее оптимальными вариантами восстановления функции сгибания-разгибания коленного сустава. Значимыми параметрами кластеризации признаны: пик ВМ, пик ВМ/МТ, время к пику ВМ, угол пика ВМ, время замедления.

Данные, полученные в ходе проведения настоящего исследования, могут послужить качественным ориентиром при оценке эффективности реабилитационных мероприятий у рассматриваемой категории лиц.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Miller S.M., Hui-Lio C., Taylor-Piliae R.E. Health Benefits of Tai Chi Exercise: A Guide for Nurses // *Nurs. Clin. North Am.* 2020. Vol. 55, № 4. P. 581–600. DOI: [10.1016/j.cnur.2020.07.002](https://doi.org/10.1016/j.cnur.2020.07.002)
2. Васильев О.С. Боевые искусства как средство и метод реабилитации: оздоровительные аспекты боевых искусств // *Боевое искусство планеты.* 2005. № 3. С. 4–5.
3. Майер Б.О., Мурашова А.В. Тайцзицюань как объект научного исследования // *Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: История, филология.* 2015. Т. 14, № 4. С. 86–91.
4. Sartori L., Spoto A., Gatti M., Straulino E. The Shape of Water: How Tai Chi and Mental Imagery Effect the Kinematics of a Reach-to-Grasp Movement // *Front. Physiol.* 2020. Vol. 11. Art. № 297. DOI: [10.3389/fphys.2020.00297](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00297)
5. Lan C., Chen S.Y., Lai J.S., Wong A.M. Tai Chi Chuan in Medicine and Health Promotion // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2013. Vol. 2013. Art. № 502131. DOI: [10.1155/2013/502131](https://doi.org/10.1155/2013/502131)
6. Zhang Z., Huang L., Liu Y., Wang L. Effect of Tai Chi Training on Plantar Loads During Walking in Individuals with Knee Osteoarthritis // *Biomed. Res. Int.* 2020. Vol. 2020. Art. № 3096237. DOI: [10.1155/2020/3096237](https://doi.org/10.1155/2020/3096237)
7. Lu X., Hui-Chan C.W.Y., Tsang W.W.N. Effects of Tai Chi Training on Arterial Compliance and Muscle Strength in Female Seniors: A Randomized Clinical Trial // *Eur. J. Prev. Cardiol.* 2013. Vol. 20, № 2. P. 238–245. DOI: [10.1177/2047487311434233](https://doi.org/10.1177/2047487311434233)
8. Fagher K., Fritzson A., Drake A.M. Test-Retest Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children Aged 8 to 10 Years // *Sports Health.* 2016. Vol. 8, № 3. P. 255–259. DOI: [10.1177/1941738116632506](https://doi.org/10.1177/1941738116632506)
9. Parsons J.L., Porter M.M. Reliability of Measuring Hip and Knee Power and Movement Velocity in Active Youth // *Pediatr. Phys. Ther.* 2015. Vol. 27, № 1. P. 82–89. DOI: [10.1097/PEP.000000000000109](https://doi.org/10.1097/PEP.000000000000109)
10. Muñoz-Bermejo L., Pérez-Gómez J., Manzano F., Collado-Mateo D., Villafaina S., Adsuar J.C. Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis // *PLoS One.* 2019. Vol. 14, № 12. Art. № e0226274. DOI: [10.1371/journal.pone.0226274](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226274)

References

1. Miller S.M., Hui-Lio C., Taylor-Piliae R.E. Health Benefits of Tai Chi Exercise: A Guide for Nurses. *Nurs. Clin. North Am.*, 2020, vol. 55, no. 4, pp. 581–600. DOI: [10.1016/j.cnur.2020.07.002](https://doi.org/10.1016/j.cnur.2020.07.002)
2. Vasil'ev O.S. Boevye iskusstva kak sredstvo i metod rehabilitatsii: ozdorovitel'nye aspekty boevykh iskusstv [Martial Arts as a Means and Method of Rehabilitation: Health Aspects of Martial Arts]. *Boevye iskusstvo planety*, 2005, no. 3, pp. 4–5.
3. Mayer B.O., Murashova A.V. Taytszitsyuan' kak ob'ekt nauchnogo issledovaniya [Chinese Gymnastics Taiquan as an Object of Scientific Research]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Istoriya, filologiya*, 2015, vol. 14, no. 4, pp. 86–91.

4. Sartori L., Spoto A., Gatti M., Straulino E. The Shape of Water: How Tai Chi and Mental Imagery Effect the Kinematics of a Reach-to-Grasp Movement. *Front. Physiol.*, 2020, vol. 11. Art. no. 297. DOI: [10.3389/fphys.2020.00297](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00297)
5. Lan C., Chen S.Y., Lai J.S., Wong A.M. Tai Chi Chuan in Medicine and Health Promotion. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, 2013, vol. 2013. Art. no. 502131. DOI: [10.1155/2013/502131](https://doi.org/10.1155/2013/502131)
6. Zhang Z., Huang L., Liu Y., Wang L. Effect of Tai Chi Training on Plantar Loads During Walking in Individuals with Knee Osteoarthritis. *Biomed. Res. Int.*, 2020, vol. 2020. Art. no. 3096237. DOI: [10.1155/2020/3096237](https://doi.org/10.1155/2020/3096237)
7. Lu X., Hui-Chan C.W.Y., Tsang W.W.N. Effects of Tai Chi Training on Arterial Compliance and Muscle Strength in Female Seniors: A Randomized Clinical Trial. *Eur. J. Prev. Cardiol.*, 2013, vol. 20, no. 2, pp. 238–245. DOI: [10.1177/2047487311434233](https://doi.org/10.1177/2047487311434233)
8. Fagher K., Fritzson A., Drake A.M. Test-Retest Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children Aged 8 to 10 Years. *Sports Health*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 255–259. DOI: [10.1177/1941738116632506](https://doi.org/10.1177/1941738116632506)
9. Parsons J.L., Porter M.M. Reliability of Measuring Hip and Knee Power and Movement Velocity in Active Youth. *Pediatr. Phys. Ther.*, 2015, vol. 27, no. 1, pp. 82–89. DOI: [10.1097/PEP.0000000000000109](https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000109)
10. Muñoz-Bermejo L., Pérez-Gómez J., Manzano F., Collado-Mateo D., Villafaina S., Adsuar J.C. Reliability of Isokinetic Knee Strength Measurements in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*, 2019, vol. 14, no. 12. Art. no. e0226274. DOI: [10.1371/journal.pone.0226274](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226274)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z049

Oleg S. Vasil'ev*/** ORCID: [0000-0002-7720-375X](https://orcid.org/0000-0002-7720-375X)
Sergey P. Levushkin*/*** ORCID: [0000-0003-0866-0014](https://orcid.org/0000-0003-0866-0014)
Evgeniy E. Achkasov**** ORCID: [0000-0001-9964-5199](https://orcid.org/0000-0001-9964-5199)
Vladimir I. Lyakh* ORCID: [0000-0001-6257-0488](https://orcid.org/0000-0001-6257-0488)
Alim N. Sharapov* ORCID: [0000-0002-6862-8115](https://orcid.org/0000-0002-6862-8115)

*Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education
(Moscow, Russian Federation)

**Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs
(Moscow, Russian Federation)

***Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism
(Moscow, Russian Federation)

****I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry
of Healthcare of the Russian Federation
(Moscow, Russian Federation)

EFFICIENCY ASSESSMENT OF TAI CHI EXERCISES IN PHYSICAL REHABILITATION OF KNEE JOINT IN YOUNG RHYTHMIC GYMNASTS AND CHOREOGRAPHY STUDENTS

Various types of physical activity, including tai chi exercises, have become part of physical rehabilitation of young athletes after knee joint injury. However, many physiological mechanisms of the restorative effect of traditional systems still need to be clarified. We recruited 38 girls aged 10–16 years (mean age 12.5 years, interquartile range [10.8; 13.2] years) involved in different types of physical activity (rhythmic gymnastics and choreography) needing to recover their knee joint function

after overuse injury. The subjects were divided into two groups: the main group (physical rehabilitation using a specially developed set of tai chi movements) and the control group (standard course of physical rehabilitation taking place in a physical therapy room). After 2 weeks of rehabilitation, the participants underwent isokinetic testing of the knee joint using the Biodex System 4 Pro (USA). The test results obtained by cluster analysis were typified into three characteristic patterns (χ^2 test, $p = 0.004$): 1) insufficiency of strength parameters (peak torque (PT), peak torque to body mass (PT/BM)) at high speed and insufficiency of functional parameters (PT angle, deceleration time) at high speed; 2) insufficiency of functional parameters (time to PT, deceleration time); 3) insufficiency of strength parameters (PT, PT/BM). It was shown that while the classical means of physical rehabilitation are good for restoring the dynamic muscle parameters (PT), tai chi exercises optimally restore the functional parameters of muscle activation (TP angle and deceleration time).

Keywords: *physical rehabilitation, knee joint injury, tai chi exercises, isokinetic testing, young athletes, rhythmic gymnastics, choreography.*

Поступила 25.12.2020

Принята 15.04.2021

Received 25 December 2020

Accepted 15 April 2021

Corresponding author: Sergey Levushkin, *address:* ul. Pogodinskaya 8, korp. 2, Moscow, 119121, Russian Federation; *e-mail:* levushkinsp@mail.ru

For citation: Vasil'ev O.S., Levushkin S.P., Achkasov E.E., Lyakh V.I., Sharapov A.N. Efficiency Assessment of Tai Chi Exercises in Physical Rehabilitation of Knee Joint in Young Rhythmic Gymnasts and Choreography Students. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 115–125. DOI: 10.37482/2687-1491-Z049