

УДК: 616.72-018.3

## БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОКОЛОСУСТАВНЫХ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ С ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ ХОНДРОПАТИЕЙ КОЛЕННЫХ СУСТАВОВ

Н.В. Капустина<sup>1</sup>, Е.Н. Запольнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра спортивной медицины Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Россия, 105122, Москва, Сиреневый бульвар, 4, e-mail: kapustin-nataly@yandex.ru

<sup>2</sup> Кафедра медицинской реабилитации и физиотерапии Российского университета дружбы народов, Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 21, кор. 3

**Аннотация.** Исследуются особенности биомеханических характеристик околосуставных мышц у спортсменов игровых видов спорта, перенесших травмы коленных суставов. В исследовании приняло участие 98 спортсменов игровых видов спорта различной спортивной квалификации с травмами коленных суставов в анамнезе. Все спортсмены прошли комплексное обследование: опрос с заполнением анкеты *KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score* – шкала исхода травмы и остеоартроза коленного сустава); клинический осмотр; ультразвуковое исследование коленных суставов. С целью объективной оценки функционального состояния коленных суставов применяли метод изокинетической динамометрии мышц сгибателей и разгибателей голени с применением системы *Biodex System 4 Pro* (США). В результате проведенного комплексного обследования у 60 спортсменов выявлены посттравматические изменения суставного гиалинового хряща травмированного коленного сустава и установлен диагноз «посттравматическая хондропатия коленного сустава». Спортсмены с посттравматической хондропатией коленных суставов вошли в первую группу исследования, спортсмены без посттравматических изменений вошли во вторую группу. При изокинетическом тестировании околосуставных мышц коленных суставов у спортсменов первой группы выявлены меньшие силовые возможности мышц сгибателей и разгибателей травмированного коленного сустава по сравнению с интактной конечностью на всех тестируемых угловых скоростях, при этом дефицит силы разгибателей на угловых скоростях 60 и 180 °/с и сгибателей на угловой скорости 60 °/с оценивается как умеренный. У спортсменов без посттравматических изменений коленных суставов значимых различий силовых возможностей околосуставных мышц не выявлено.

**Ключевые слова:** биомеханика спорта, посттравматическая хондропатия, коленный сустав, изокинетическое тестирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение проблемы травматических повреждений нижних конечностей при занятиях спортом и их влияния на работоспособность спортсменов и способность достижения высоких спортивных результатов является актуальной задачей спортивной медицины. Травмы коленных суставов и их осложнения у спортсменов являются одной из причин преждевременного прерывания спортивной карьеры [5, 8, 9]. Особого

внимания заслуживают своевременная диагностика посттравматических патологических изменений во внутренних структурах коленного сустава и их влияния на функциональное состояние поврежденной конечности с целью как можно более раннего начала проведения комплекса восстановительных мероприятий [4].

Острая травма и хроническая микротравматизация коленных суставов являются пусковым механизмом развития повреждения суставного хряща – посттравматической хондропатии [10, 11, 13]. Посттравматическая хондропатия – это медленно протекающий патологический процесс, характеризующийся нарушением структуры суставного гиалинового хряща в виде истончения, разволокнения. В свою очередь, посттравматическая хондропатия является основой развития вторичного (посттравматического) артроза коленных суставов [1, 14]. Осложнения в виде посттравматического гонартроза встречаются в 35,5–69,75% случаев и развиваются в среднем через 3–5 лет после травмы [12]. Частота встречаемости данной патологии у лиц, перенесших травмы коленных суставов, по данным артроскопии [6], составляет от 51 до 66%.

Объективно оценить влияние протекающего патологического процесса на функциональное состояние коленных суставов у спортсменов позволяет такой современный метод исследования, как биомеханическое тестирование. Оценить силовые характеристики параартикулярных мышц позволяет система *Biodex System 4 Pro* (США), однако из-за высокой стоимости оборудования использование этого метода пока не нашло широкого применения. В современной литературе существуют работы о применении электронной динамометрии после оперативного лечения коленных суставов, дана оценка степени нарушения силовых характеристик параартикулярных мышц в восстановительном периоде, разработаны критерии эффективности послеоперационной реабилитации спортсменов [2, 3, 15]. Однако данных о применении этого метода при хронически протекающих дегенеративных процессах, в частности посттравматической хондропатии коленных суставов, авторами не найдено.

## Цель

Изучить особенности биомеханических, в частности силовых, характеристик околоуставных мышц у спортсменов игровых видов спорта с посттравматической хондропатией коленных суставов.

В соответствии с поставленной целью авторами были решены следующие задачи:

1. Измерение силовых способностей мышц сгибателей и разгибателей коленных суставов у обследуемых спортсменов, перенесших травмы коленных суставов.
2. Оценка дефицита силы тестируемых групп мышц поврежденной и контралатеральной конечности у спортсменов с посттравматической хондропатией коленных суставов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 98 спортсменов игровых видов спорта (футбол, гандбол, волейбол) различной спортивной квалификации (от первого взрослого разряда до мастера спорта международного класса) с травмами коленных суставов в анамнезе. Средний возраст спортсменов составил  $25,8 \pm 7,2$  лет. Стаж занятий спортом составил  $12 \pm 4$  года.

Все спортсмены прошли комплексное обследование:

– опрос с заполнением анкеты *KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score* – шкала исхода травмы и остеоартроза коленного сустава);

– клинический осмотр;  
 – ультразвуковое исследование коленных суставов;  
 – изокинетическое двустороннее тестирование мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава.

С целью объективной оценки функционального состояния коленных суставов у спортсменов с посттравматической хондропатией применяли метод изокинетической динамометрии мышц сгибателей и разгибателей голени с применением системы *Biodex System 4 Pro* (США). Исследование выполнялось по следующему протоколу: режим работы изокинетический, тестирование двустороннее на угловых скоростях 60; 180; 300 °/с, количество повторений 5; 10 и 15 соответственно.

Перед началом тестирования спортсменов обучали методике работы с системой *Biodex System 4 Pro*, проводили разминку, индивидуальную стабилизацию исследуемого в кресле пациента, калибровку системы. Тестирование начинали с пораженного коленного сустава.

Для получения относительной функциональной оценки  $F$  тестируемой группы мышц вычисляли соотношение пикового вращающего момента к массе тела по формуле [7]

$$F = \text{ПВМ} / \text{ВТ} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где ПВМ – пиковый вращающий момент; ВТ – вес тела.

Затем проводили билатеральную (двустороннюю) сравнительную оценку полученных показателей для каждой угловой скорости тестирования в отдельности путем вычисления дефицита силы  $\Delta F$  тестируемых групп мышц по формуле

$$\Delta F = (F_1 - F_2) / F_1 \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $F_1$  – относительная функциональная оценка интактной конечности,  $F_2$  – относительная функциональная оценка поврежденной конечности.

Критерии оценки: дефицит до 10% – незначительный, коррекции не требует; 11–25% – умеренные отклонения, рекомендована реабилитация для улучшения мышечного баланса, больше 25% – значительные функциональные нарушения, требующие активного лечения.

Статистическая обработка и оценка достоверности различий полученных результатов проводилась с вычислением  $t$ -критерия Стьюдента. Различия считали статистически достоверными при  $t > 1,96$  ( $t = 1,96$  – граничное значение  $t$ -критерия Стьюдента при  $n > 30$  с вероятностью  $P = 0,95$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам проведенного нами комплексного обследования все спортсмены были разделены на две группы: первая группа из 60 спортсменов с установленным диагнозом «посттравматическая хондропатия коленного сустава» и вторая группа из 38 спортсменов, у которых посттравматических изменений в коленных суставах не выявлено.

В результате тестирования силовых возможностей мышц сгибателей и разгибателей голени у спортсменов с посттравматической хондропатией коленного сустава с использованием изокинетической динамометрии авторами получены следующие данные:

– средние значения  $F$  разгибателей при угловой скорости тестирования 60 °/с составили для поврежденной и интактной конечности  $179,8 \pm 42,6$  и  $220,6 \pm 53,2$

соответственно, при угловой скорости 180 °/с –  $123,5 \pm 40,5$  и  $141,9 \pm 46,7$ , при угловой скорости 300 °/с –  $86,4 \pm 33,1$  и  $93,4 \pm 35,5$ ;

– средние значения  $F$  сгибателей при угловой скорости тестирования 60 °/с составили для поврежденной и интактной конечности  $94,8 \pm 20,3$  и  $108,8 \pm 24,2$  соответственно, при угловой скорости 180 °/с –  $59,3 \pm 17,7$  и  $64,8 \pm 20,3$ , при угловой скорости 300 °/с –  $38,5 \pm 14,3$  и  $40,6 \pm 15,2$ .

Графический анализ силовых характеристик тестируемых мышц представлен на рис. 1 и 2.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения  $t$ -критерия Стьюдента, при которых различия статистически достоверны.

Среднее значение дефицита силы разгибателей голени на скорости 60 °/с – 18%, на скорости 180 °/с – 13%, на скорости 300 °/с – 7%; сгибателей – 12; 8 и 5% соответственно.

Цифровые показатели силовых характеристик и результаты статистической обработки данных представлены в таблице.

Таким образом, авторами выявлены меньшие силовые возможности мышц сгибателей и разгибателей травмированного коленного сустава по сравнению с возможностями мышц интактной конечности у спортсменов с посттравматической хондропатией на всех тестируемых угловых скоростях. Статистическая обработка полученных данных показала достоверные различия силовых характеристик мышц разгибателей коленного сустава на угловых скоростях 60 и 180 °/с и мышц сгибателей на угловой скорости 60 °/с ( $t > 1,96$ ). Различия силовых показателей мышц разгибателей на угловой скорости 300 °/с и сгибателей на угловых скоростях 180 и 300 °/с не достоверны ( $t < 1,96$ ).

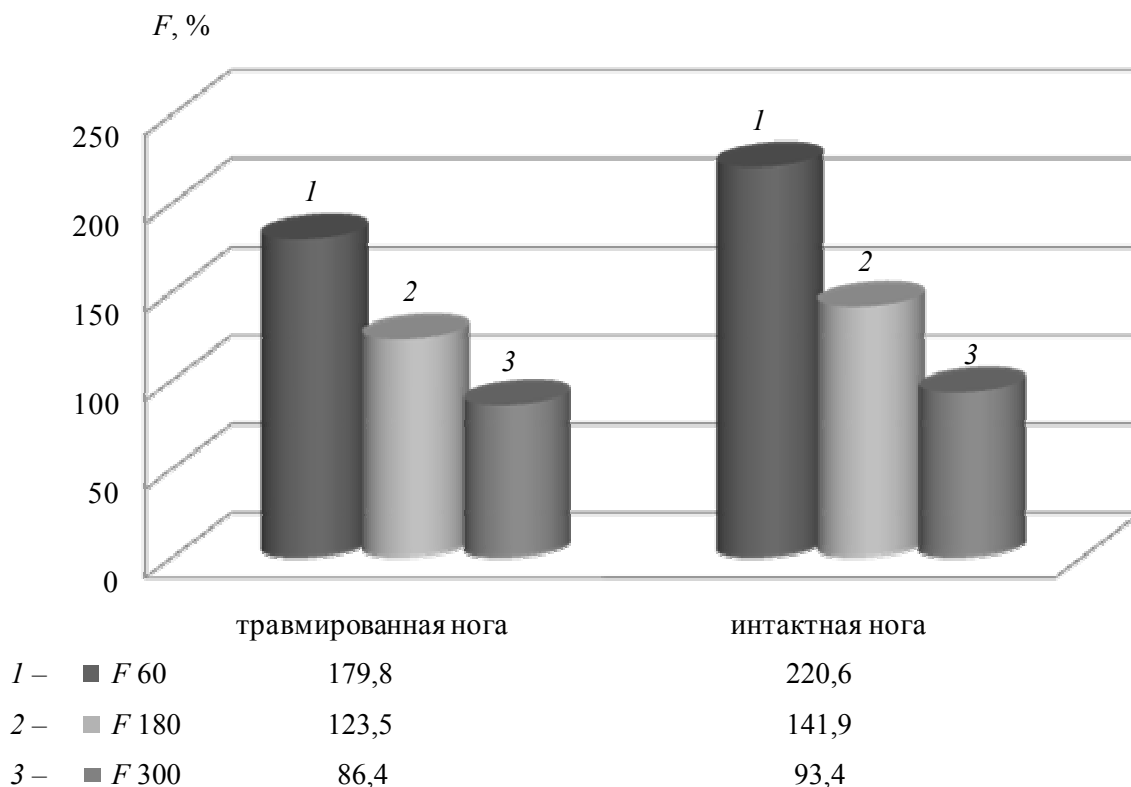


Рис. 1. Сравнительная характеристика силовых способностей разгибателей коленных суставов у спортсменов с посттравматической хондропатией

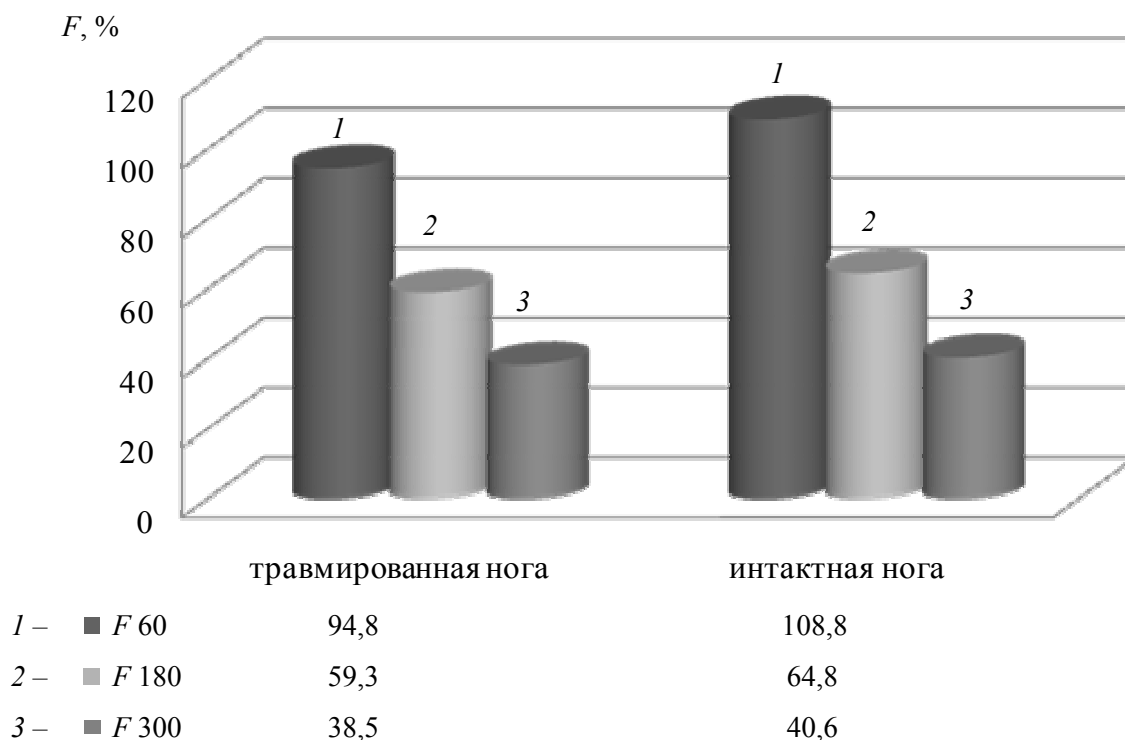


Рис. 2. Сравнительная характеристика силовых способностей сгибателей коленных суставов у спортсменов с посттравматической хондропатией

### Силовая характеристика мышц сгибателей и разгибателей голени у спортсменов с посттравматической хондропатией коленных суставов

Тестируемая угловая скорость, %/с	Тестируемая группа мышц					
	Разгибатели			Сгибатели		
	F, %		t	F, %		t
	пораженная ( $\bar{X} \pm \sigma$ )	интактная ( $\bar{X} \pm \sigma$ )		пораженная ( $\bar{X} \pm \sigma$ )	интактная ( $\bar{X} \pm \sigma$ )	
60	179,8 ± 42,6	220,6 ± 53,2	6,4	94,8 ± 20,3	108,8 ± 24,2	3,4
180	123,5 ± 40,5	141,9 ± 46,7	2,7	59,3 ± 17,7	64,8 ± 20,3	1,6
300	86,4 ± 33,1	93,4 ± 35,5	1,1	38,5 ± 14,3	40,6 ± 15,2	0,8

### Выводы

1. На основании цифровых данных, полученных при изокинетическом тестировании околоуставных мышц коленных суставов, авторами выявлена асимметрия силовых характеристик между поврежденной и контралатеральной конечностью. Дефицит силы ( $\Delta F$ , %) сгибателей на угловой скорости 60 %/с и разгибателей на угловых скоростях 60 и 180 %/с статистически достоверен.

2. При сравнении дефицита силы  $\Delta F$  тестируемых групп мышц авторами получены средние значения дефицита силы разгибателей голени на угловой скорости 60 %/с – 18%, на угловой скорости 180 %/с – 13%, на угловой скорости 300 %/с – 7%; сгибателей – 12; 8 и 5% соответственно. Дефицит силы разгибателей на угловых скоростях 60 и 180 %/с и сгибателей на угловой скорости 60 %/с оценивается как умеренный.

Таким образом, выявленные хронически протекающие дегенеративные процессы в травмированных коленных суставах у спортсменов отрицательно влияют на функциональное состояние параартикулярных мышц. Данные изменения проявляются снижением их силы в виде умеренного дефицита, что требует проведения комплекса лечебных восстановительных мероприятий, направленных на коррекцию силовой асимметрии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Л.И. Факторы риска при остеоартрозе // Научно-практическая ревматология. – 2000. – № 2. – С. 36–45.
2. Арьков В.В., Миленин О.Н. Реабилитация спортсменов после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки // Травматологии и ортопедия России. – 2005. – № 35. – С. 25.
3. Арьков В.В., Миленин О.Н., Орджоникидзе З.Г. Показатели изокинетической динамометрии мышц бедра у спортсменов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 12 (96). – С. 23–26.
4. Герасименко М.А., Белецкий А.В. Диагностика и лечение повреждений и ортопедических заболеваний коленного сустава. – Минск: Тэхналогія, 2010. – 167 с.
5. Гладков В.Н. Некоторые особенности заболеваний, травм, перенапряжений и их профилактика в спорте высших достижений. – М.: Советский спорт, 2007. – 152 с.
6. Мاستыков А.Н. Частота встречаемости посттравматической хондропатии коленного сустава // Студенческая медицинская наука XXI века: материалы XI Междунар науч.-практ. конф., Витебск, 3–4 ноября 2011 года / под ред. С.А. Сушкова [и др.]; Витеб. гос. мед. ун-т. – Витебск, 2011. – С. 65–66.
7. Медиум Плюс. Изокинетическое тестирование: цели и задачи [Электронный ресурс] – URL: [http://www.mediumplus.ru/articles\\_8.htm](http://www.mediumplus.ru/articles_8.htm) (дата обращения: 29.12.2013).
8. Миронова З.С. Проблемы диагностики и лечения микротравм опорно-двигательного аппарата у спортсменов // Спортивная травматология. – М., 1980. – С. 95–96.
9. Сахезозамани М., Смоленский А.А., Орджоникидзе З.Г., Балакирев А.А. Качество жизни у спортсменов с травмами нижних конечностей // Спорт & медицина & здоровье. – 2002. – № 4. – С. 51–53.
10. Buckwalter J.A., Mankin H.J. Articular cartilage: degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation // Instr. Course. Lect. – 1998. – Vol. 4, № 7. – P. 487–504.
11. Hunziker E.B. Articular cartilage repair: basic science and clinical progress. A review of the current status and prospects // Osteoarthritis Cartilage. – 2002. – № 10. – P. 1432–1463.
12. Michael W.P., Schlüter-Brust K.U., Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee // Dtsch. Arztebl. Int. – 2010. – Vol. 107 (9). – P. 152–162.
13. Nielsen A.B., Yde J. Epidemiology and traumatology soccer II // Am. J. Sports Med. – 1989. – Vol. 17. – P. 803–807.
14. Shelbourne K.D., Jari S., Gray T. Outcome of untreated traumatic articular cartilage defects of the knee: a natural history study // J. Bone Joint Surg. Am. – 2003. – № 85. – P. 8–16.
15. Wilk K.E. Rehabilitation of isolated and combined posterior cruciate ligament injuries // Clin. Sports Med. – 1994. – Vol. 13 (3). – P. 649–677.

## BIOMECHANICAL CHARACTERISTIC OF PARAARTICULAR MUSCLES IN ATHLETES WITH POSTTRAUMATIC CHONDROPATHY OF THE KNEE JOINTS

N.V. Kapustina, E.N. Zapolnova (Moscow, Russia)

The article is dedicated to the particularities of biomechanical characteristics of paraarticular muscles in athletes in team sports who suffered knee joint traumas. The study involved 98 athletes in team sports with different sport classification who had traumas of the knee joints in their anamnesis. All the athletes have been subjected of complex investigation: inquiry using *KOOS* (*Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*) questionnaire; clinical

examination; ultrasound study of the knee joint. In order to perform objective evaluation of functional state of the knee joints, we performed the method of isokinetic dynamometry of leg flexor and extensor muscles using *Biodex System 4 Pro* (USA). As the result of the complex study performed, 60 athletes displayed posttraumatic changes in joint hyaline cartilage of damaged knee joint and were diagnosed with “posttraumatic chondropathy of the knee joint”. Athletes with posttraumatic chondropathy of the knee joints were included in the first study group, athletes without posttraumatic changes were included in the second group. During isokinetic testing of para-articular muscles of the knee joints in athletes from the first group, we detected lesser strength capacity of flexors–extensors of damaged knee joint compared with the intact extremity on all the tested angle rates, at the same time the extensors strength deficiency at angle rates 60 and 180 °/s and flexors deficiency at angle rate 60 °/s is classified as moderate. The athletes with no posttraumatic changes of the knee joints displayed no significant differences in strength capacity of paraarticular muscles.

**Key words:** sports biomechanics, posttraumatic chondropathy, knee joint, isokinetic testing.

*Получено 30 декабря 2013*