

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.65

УДК 612.115.3-615.273.53

## Использование изокинетического тренажера в практике спортивного врача

*П.С. Плешков<sup>1</sup>, В.Ю. Хайтин<sup>1,2</sup>, Э.Н. Безуглов<sup>3</sup>, С.В. Матвеев<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>АО ФК «Зенит», Санкт-Петербург, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Министерство здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, Россия*

*<sup>3</sup>ФГАУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Министерство здравоохранения РФ, Москва, Россия*

### РЕЗЮМЕ

В обзоре литературы рассмотрены современные тенденции использования изокинетического тренажера (ИКТ) как в тренировочных, так и в лечебно-диагностических целях. Проведен анализ широкого спектра применения, результатов, получаемых при тестировании и тренировках, продемонстрирован прикладной характер использования данного тренажера. Освещены вопросы использования ИКТ в спорте высших достижений. Сделан вывод о широком спектре применения ИКТ как в теоретической, так и практической медицине. Несмотря на некоторые недостатки тренажера (высокая стоимость, необходимость специального обучения персонала, различные результаты тестирования в зависимости от модели), при его наличии врач получает мощнейший инструмент в своей работе, который позволяет вывести ее на новый качественный уровень.

**Ключевые слова:** изокинетический тренажер, тестирование, реабилитация, тренировка

**Для цитирования:** Плешков П.С., Хайтин В.Ю., Безуглов Э.Н., Матвеев С.В. Использование изокинетического тренажера в практике спортивного врача // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. Т.10, №2. С.65-72. DOI:10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.65

## Application of isokinetic extremity system in sport medicine and rehab practice

*Pavel S. Pleshkov<sup>1</sup>, Vladimir Y. Khaitin<sup>1,2</sup>, Eduard N. Bezuglov<sup>3</sup>, Sergey V. Matveev<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>FC «Zenit», Saint-Petersburg, Russia*

*<sup>2</sup>Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, Russia*

*<sup>3</sup>Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia*

### ABSTRACT

The literature review discusses current trends in the isokinetic machines (IM) use for both training and diagnostic purposes. The review dwells upon a wide range of IM applications, testing and training results, and demonstrates the applied nature of the IM use. The review addresses the issues IM use in professional sports. We come to the conclusion about a wide range of IM applications in both research and clinical practice. Despite IM disadvantages (high cost, necessity of special staff training, test results variability depending on an IM model), IM is a powerful tool in a health care professional's arsenal which provides a qualitative improvement of clinical practice.

**Key words:** isokinetic machine, functional testing system, rehabilitation, training

**For citation:** Pleshkov PS, Khaitin VY, Bezuglov EN, Matveev SV. Application of isokinetic extremity system in sport medicine and rehab practice. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2020;10(2):65-72(In Russ.) DOI:10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.65

### 1. Введение

Современный спорт высоких достижений – это не только скорости, рекорды и победы, это еще и высокий уровень травматизма. Например, среди профессиональных баскетболистов травмы нижних конечностей составляют 63,7% всех травм, причем на долю коленного сустава приходится 21,9% [1], а травмы, связанные с повреждением мышц голени и связок голеностопного сустава, составляют 21,2% [2]. Статистика травм среди футболистов Eredivision (профессиональная футбольная лига Голландии), проведенная в сезоне 2010-2011 годов выявила уровень травматизма в 67%, из них более трети – это травмы нижних конечностей [3]. Уровень травматизма среди профессиональных бегунов на средние и длинные дистанции колеблется от 19,4 до 79,3% [4]. 75,9% профессиональных теннисистов хотя бы раз за свою карьеру получали травму опорно-двигательного аппарата. [5]. Факторы, ведущие к травмам, могут быть как внешние (уровень тренировочной нагрузки, игровые столкновения, состояние тренировочной поверхности, время года), так и внутренние (возраст спортсмена, перенесенные травмы в прошлом, биомеханика суставов и пр.)

Учитывая высокую коммерциализацию спорта, особенно игровых видов, экономические и конкурентные последствия отсутствия из-за травмы даже одного ключевого игрока в команде, перед медицинским штабом команды стоит важная задача по скорейшему возвращению в строй спортсмена, которую необходимо решать, используя все имеющиеся в его распоряжении методы и средства. Одним из таких методов является изокинетический тренажер (ИКТ).

### 2. История метода

Впервые механизм для определения силы концентрического мышечного сокращения был представлен в 1950 году. Непосредственно сам тренажер был сконструирован и запатентован в 1974 году компанией Cybex (США). В 1981 году была представлена новая модель Cybex II с возможностью печати результатов исследования для дальнейшего анализа. Компьютерное обеспечение для этой системы было разработано компанией Computer Sports Medicine International (CSMi). В 1982 году компания Chattenx представила тренажер Kin-Com с возможностью выполнения и контроля эксцентрического мышечного сокращения, а в 1989 году она же выпустила тренажер с креслом, раскладывающимся в горизонтальную плоскость и мобильным динамометром, что стало золотым стандартом для изокинетических тренажеров в дальнейшем. В 1992 году компанией Cybex был представлен тренажер Cybex 6000 с системой непрерывного пассивного движения, а в 1995 году был представлен тренажер CybexNorm, с одиночным креслом, мобильным динамометром и встроенной компьютерной системой, который сохраняет свой дизайн до настоящего времени, лишь изменяя программное обеспечение. В 2000 году

компания Biodex (США) представила двухместный тренажер с возможностью ограничения объема движений, что значительно повысило безопасность исследования. На сегодняшний день основными компаниями-производителями ИКТ являются Cybex (HumacNorm, USA), Biodex (Biodex 4, USA), Kin-Com (125AP, USA), IsoMed (IsoMed 2000, Germany).

Изокинетический динамометр может быть использован для измерения трехвидов мышечных сокращений – изометрических, эксцентрических изокинетических и концентрических изокинетических сокращений. В течение изометрического сокращения резистивный динамометрический моментравняется мышечному крутящему моменту, таким образом не происходит движения сустава, и вся длина мышц остается постоянной. Во время концентрического изокинетического сокращения активные мышечные группы сокращаются; во время эксцентрического изокинетического сокращения активные мышечные группы удлиняются, при этом в обоих типах сокращения коленный сустав движется с постоянной угловой скоростью.

За последнее десятилетие опубликовано большое количество работ, посвященных использованию ИКТ. Все эти работы условно можно разделить на несколько групп.

### 3. Современное состояние вопроса

Первая группа – это работы, в которых сравнивается влияние различных видов тренировочной нагрузки на определенные группы мышц и определяется их эффективность.

Cannell et al. (2001) выполнили 12-ти недельное исследование по сравнению эффективности снижения болевого синдрома двух тренировочных протоколов пациентам с коленом прыгуна. Первый протокол был основан на выполнении глубоких приседов, второй на выполнении сгибания-разгибания колена на ИКТ [6]. В результате было выявлено, что эти два протокола примерно одинаковы эффективны в вопросе снижения болевого синдрома и возвращения в спорт, но более целесообразным было бы использовать их в комплексной терапии. Gogucu и Токау в своей работе проводили сравнение эффективности трех типов тренировок (силовая, кардиотренировка и плиометрическая тренировка) на рост силы мышц передней и задней поверхности бедра [7]. Силовая тренировка проводилась с использованием ИКТ Cybex 6000. Результатом работы был вывод о значительной эффективности силовой тренировки на ИКТ по сравнению с другими типами тренировок. Brito et al. (2014) в клинике Aspetar (Доха) исследовали влияние плиометрических упражнений на силу мышц, а также скорость и высоту прыжка, при этом сила мышц оценивалась с помощью ИКТ. Они отметили незначительный прирост силы в группе, в которой применялись плиометрические упражнения, что, впрочем, не доказывает прямую связь и не является достоверным ввиду малого

количества испытуемых [8]. Группа авторов во главе с Vinicius Jardim Oliano (2017) проводила исследование, в ходе которого выявила положительное влияние применения программы FIFA11+ (комплекс из 11 упражнений, рекомендованный международной федерацией футбола, как профилактика травм) на силу мышц, пиковую мощность и соотношение квадрицепс/бицепс бедра [9]. Rinaldo et al. (2018) определили, в том числе и с помощью ИКТ, что тренировочная программа, состоящая из трех серий повторений, ненамного эффективней программы из одной серии [10]. Hall et al. (2018) изучили влияние силовой тренировки и проприцептивной тренировки пациентов с хронической нестабильностью голеностопного сустава. Силовая работа в концентрическом и эксцентрическом режимах выполнялась на ИКТ «HumacNorm». В результате было выявлено значительное уменьшение симптомов нестабильности при проведении 20-минутной тренировки, 3 раза в неделю, на протяжении 6 недель [11]. Núñez с коллегами (2018) сравнивали эффективность эксцентрической тренировки спортсменов в двух группах – выполнявших присед и выпад назад, на силу мышц и выносливость. Ими был сделан вывод о росте силы в обеих группах, также, как и отсутствие эффекта на рост выносливости [12].

Вторая группа публикаций – анализ результатов тестирования значительной выборки спортсменов одного вида спорта, с целью определения нормативных значений для тех или иных мышечных групп, а также сравнения результатов тестирования спортсменов различных видов спорта. Сюда же можно отнести работы по определению надежности техники изометрического тестирования. В частности, Risberg et al. (2018), выполнили работу по сравнению силы мышц передней и задней поверхностей бедра, а также их соотношения у профессиональных гандболисток [13]. Zvijac et al. (2014) провели исследование по определению нормативной базы показателей мышечной силы передней и задней поверхностей бедра у молодых профессиональных игроков в американский футбол [14]. Maly et al. (2019) провели работу по сравнению максимальной мощности работы мышц-разгибателей и мышц-сгибателей, а также соотношения этих мышц у представителей футбола, флорбола и людей, не занимающихся спортом. В результате было выявлено доминирование спортсменов-футболистов практически во всех показателях [15]. Costa Silva et al. (2015) проанализировал уровень двусторонней асимметрии и мышечного дисбаланса у футболистов разного амплуа (защитники, полузащитники, нападающие) в возрасте до 20 лет. Не считая статистически незначимых различий в силе мышц-разгибателей коленного сустава у защитников, выявить взаимосвязь между позицией на футбольном поле и показателями силы и мощности мышц не удалось [16]. Ana Rodrigues et al. (2017) в своей работе проводили исследование соотношения мышц антагонистов бедра на различных углах сгибания у профессиональных игроков в футбол (женщины). Получен-

ные результаты показали соотношение агонистов-антагонистов бедра на уровне 60%, что свидетельствует о мышечном дисбалансе, который исследователи связывают со спецификой данного вида спорта [17]. Struzik и Pietraszewski (2019) проанализировали связь между соотношением мышц передней и задней групп бедра и результатами дроп-теста на разных высотах. Было выявлено, что на высотах 45 и 60 сантиметров нет значимой взаимосвязи, а мощность прыжков на высотах 15 и 30 сантиметров прямо пропорциональна индексу соотношения Q:H [18]. Группа исследователей во главе с Törpel (2017) провели работу по определению достоверности исследований силы мышц сгибателей и разгибателей коленного и локтевого суставов, при работе с ИКТ VTE Primus RS [19], а Habets et al. (2018) коленного и плечевого суставов [20]. В ходе этих работ было отмечено, что самый высокий уровень достоверности полученных результатов при работе с плечевым суставом, а самая низкая – с коленным. D'Alessandro et al. (2005) в своей работе определяли является ли «хоп-тест» альтернативой тестированию на ИКТ в вопросе функционального состояния мышц и пришел к выводу, что нет никакой взаимосвязи в показателях силового и прыжкового тестов [21]. Оценку надежности изокинетического тестирования у баскетболистов-юниоров проводили Carvalho et al. (2011). В ходе работы были сформированы выводы о более высокой достоверности результатов при проведении ИКТ с предварительной ознакомительной сессией [22]. McQuoid et al. (2007) выполнили исследование по определению погрешности в результатах измерений при тестировании мышц бедренного, коленного и голеностопного суставов на обеих конечностях. Была выявлена высокая достоверность результатов во всех мышечных группах, в большей степени на доминирующей ноге [23]. Bergamin et al. (2017) в своей работе сделал упор на достоверность не только ИКТ, но и изометрического тестов, при тестировании пожилых людей. Была доказана высокая достоверность обоих тестов, как среди мужчин, так и среди женщин [24]. Hussain et al. (20016) проводили исследования, основными целями которого было создание нормативной базы силы мышц, участвующих в подошвенном и тыльном сгибании стопы у здоровых мужчин и женщин [25]. Abrams et al. (2014) в своей работе изучали уровень нейромышечного контроля после пластики ПКС в зависимости от типа аутографта. В результате они пришли к выводу, что наиболее приближенным к дооперационному состоянию по степени нейромышечного контроля является группа с аутографтом из мышц задней поверхности бедра [26]. Pontaga и Zidens (2014) опубликовали работу в которой искали связь между асимметрией силовых показателей мышц доминантной и недоминантной руки у профессиональных гандболисток. Была отмечена положительная корреляция между большей изокинетической силой мышц внутренних вращателей плеча и силой броска доминантной рукой по сравнению с недоминантной [27]. Hwai-Ting

Lin с коллегами (2015) исследовали изменения в силовом соотношении мышц агонистов-антагонистов плеча, сравнивая игроков в бейсбол с простыми участниками исследования. У профессиональных бейсболистов была отмечена значимая нагрузка на плечевой сустав, особенно на определенные группы мышц, в ущерб другим мышечным группам, что может приводить к риску травматизма плечевого сустава, по сравнению с контрольной группой [28]. Zabka (2011) в составе научной группы составили нормативную базу игроков футбольного клуба, используя такие показатели как максимальная мощность, средняя работа и средняя мощность [29]. Whinton et al. (2018) сравнили результаты изокинетического тестирования на двух ИКТ с результатами полученными на ИКТ Humac Norm, признанным «золотым стандартом» тестирования, в режиме слепого тестирования и выяснили, что ИКТ 1080 Quantum максимально приближен по точности результатов [30]. Группа ученых под руководством Kocahan (2018) выявили значимое влияние силы мышц туловища на силу мышц верхних и нижних конечностей [31].

Третья группа – работы по использованию ИКТ в программах реабилитации после операций либо при различных патологиях ОДА. Yong-Nao Pua et al. (2008) из университета Сиднея представили достаточно фундаментальную работу о важности использования ИКТ в программе реабилитации после пластики ПКС для контроля дефицита мышечной силы с последующей коррективной реабилитационной программы. Однако при этом они призывают основываться не только на результаты изокинетического тестирования, но и использовать другие методы диагностики [32]. Portes et al. (2007) сравнили максимальную мощность работы и соотношение силы мышц передней и задней поверхностей бедра у бегунов-стайеров с нестабильностью коленного сустава (слабость передней крестообразной связки) и здоровых спортсменов [33]. В ходе проведенной работы было выявлено отсутствие влияния слабой крестообразной связки на максимальную силу мышц или соотношение мышц передней и задней поверхности бедра. Sueyoshi et al. (2017) изучили корреляцию между прыжковым и изокинетическим тестом и выявили ее высокую степень. Кроме того, ими было выявлено отсутствие связи между силой мышц и результатами прыжкового теста у пациентов с различными типами трансплантата ПКС [34]. Johnson et al. проводили исследования среди пациентов, перенесших пластику передней крестообразной связки для оценки влияния нейромышечных факторов на асимметрию мышц квадрицепса бедра. Среди критериев оценки, в том числе, была сила мышц разгибателей колена, которая оценивалась с помощью ИКТ. Результаты, полученные этой рабочей группой, свидетельствуют о наличии структурных, функциональных и физических нарушений, даже на поздних этапах реабилитации [35]. Thomas et al. (2013) использовали ИКТ для выполнения работы в группе пациентов, перенесших пластику ПКС.

Ими были протестированы все группы мышц нижней конечности и сделан вывод о значимом различии в силе мышц и пиковой мощности между здоровой и оперированной конечностями, особенно в мышцах голени [36]. David et al. (2013) проводили изолированное изокинетическое тестирование мышц вращателей стопы среди пациентов с хронической нестабильностью голеностопного сустава. Ими было выявлено значительно более выраженные различия между силой мышц (в соотношении инверсия/эверсия) на ноге с нестабильностью голеностопного сустава, по сравнению со здоровой ногой. В то же время соотношение мышц сгибателей-разгибателей стопы были в пределах нормы, на основании чего был сделан вывод о большом значении мышц, отвечающих за внутреннее и наружное сгибание для стабильности сустава [37]. Arslan et al. (2014) с помощью ИКТ провели работу по анализу функционального состояния голеностопного сустава у пациентов, перенесших оперативное вмешательство открытым доступом при разрыве ахиллова сухожилия, с ранней послеоперационной мобилизацией, спустя два года после операции. Было выявлено, что в случае проведения данной операции и реабилитации по программе ранней мобилизации сустава не определяется разница в силе мышц голени при плантарной флексии и дорсофлексии [38]. Worms et al. (2016) изучили взаимосвязь между изокинетическим тестированием и Y-balance тестом у непрофессиональных спортсменов. Ими была доказана отсутствие связи между результатами этих тестов [39]. В то же время Myers et al. (2018) в своей работе определили низкую корреляцию между показателями ИКТ и результатами Y-balance теста у спортсменов-профессионалов после пластики передней крестообразной связки, но не исключили возможности использования данных тестов в комплексе, для принятия решения о возвращении в спорт [40]. Lepley и Palmieri-Smith (2016) в своей работе исследовали влияние соотношения силы мышц бедра до и после пластики передней крестообразной связки и пришли к выводу, что есть прямая связь между силовыми показателями до и после операции [41]. Shambaugh et al. (2017) использовали ИКТ в своей работе по сравнению сроков восстановления после оперативного и консервативного лечения разрывов проксимального отдела двуглавой мышцы бедра [42]. Maffiuletti с коллегами (2007) исследовали воспроизводимость результатов тестирования силы мышц сгибателей-разгибателей бедра на ИКТ Con-Trex [43]. Abdelmohsen (2019) сравнивал силу мышц бедра доминантной и недоминантной конечности и не нашел статистически значимых различий [44].

Четвертая группа – исследования, которые носят, в большей степени, прикладной характер. Maly (2015) выполнил исследование по определению различий в силе мышц бедра левой и правой конечностей у 13-летних подростков, не занимающихся спортом, с использованием Cybex Humac Norm и пришел к выводу, что нет значимых различий, как между мышцами



передней, так и задней поверхности бедра [45]. Hong et al. (2016) изучали влияние кинезиотейпирования на изменение мышечной функции у пациентов с травмой коленного сустава. Было определено значимое различие в пиковой мощности и общем объеме работы при сгибании после применения кинезиотейпирования, что может свидетельствовать об улучшении нейромышечного контроля после применения кинезиотейпирования [46]. Группа ученых во главе с Dauty исследовали (2016) группу профессиональных футболистов на предмет прогнозирования травм мышц задней поверхности бедра на основании результатов изокинетического тестирования. Ими были изучены результаты 350 тестов и проведено сравнение с уровнем травматизма мышц задней поверхности бедра. Был сделан вывод, что изокинетическое соотношение квадрицепс/бицепс бедра может быть с достаточно высокой степенью точности использован для прогнозирования риска травматизации в соревновательный период [47]. Nakamura et al. (2014) в своей работе о влиянии активной растяжки на

силу мышц, доказали, что мышечные группы, которые перед исследованием подвергались растяжке демонстрировали меньшую силу по сравнению с интактными мышцами [48]. Wang и его коллеги (2016) доказали высокую корреляцию между силой квадрицепса, соотношением силы мышц квадрицепс/хамстринг и динамическим и статическим балансом на разных углах сгиба коленного сустава [49].

#### 4. Вывод

Данная работа позволяет сделать вывод о достаточно широком спектре применения изокинетического тренажера (ИКТ) как в теоретической, так и практической медицине. И, несмотря на некоторые минусы тренажера (высокая стоимость, необходимость проведения качественного и глубокого обучения персонала, различные результаты тестирования в зависимости от модели), при его наличии врач получает мощнейший инструмент в своей работе, который позволяет вывести ее на новый качественный уровень.

#### Список литературы

1. Andreoli CV, Chiaramonti BC, Buriel E, Pochini AC, Ejnisman B, Cohen M. Epidemiology of sports injuries in basketball: integrative systematic review // *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018.Vol.4, №1. e000468.
2. Rodas G, Bove T, Caparrós T, Langohr K, Medina D, Hamilton B, Sugimoto D, Casals M. Ankle Sprain Versus Muscle Strain Injury in Professional Men's Basketball: A 9-Year Prospective Follow-up Study // *Orthop J Sports Med.* 2019.Vol.7, №6. 2325967119849035
3. Stubbe JH, van Beijsterveldt AM, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, Backx FJG. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study // *J Athl Train.* 2015.Vol.50, №2. P.211-216.
4. Van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review // *Br J Sports Med.* 2007. Vol.41, №8. P.469-480.
5. Humphrey JA, Humphrey PP, Greenwood AS, Anderson JL, Markus HS, Ajuied A. Musculoskeletal injuries in real tennis // *Open Access J Sports Med.* 2019.Vol.23, №10. P.81-86.
6. Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM. A randomized clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes // *Br J Sports Med.* 2001. Vol.35, №1.P.60-64.
7. Gorucu A, Tokay B. The effect of different type of exercises on the isokinetic strength of quadriceps and hamstring muscles // *Turk J Sport Exe.* 2017.Vol.19, №1. P.31-38.
8. Brito J, Vasconcellos F, Oliveira J, Krustup P, Rebelo A. Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players // *J Hum Kinet.* 2014.Vol.40. P.121-128.
9. Oliano VJ, Teixeira LP, Lara S, Balk RS, Fagundes SG. Effect of FIFA 11+ in addition to conventional handball training on balance and isokinetic strength // *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2017. Vol.19, №4. P.406-415.

#### References

1. Andreoli CV, Chiaramonti BC, Buriel E, Pochini AC, Ejnisman B, Cohen M. Epidemiology of sports injuries in basketball: integrative systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018;4(1):e000468
2. Rodas G, Bove T, Caparrós T, Langohr K, Medina D, Hamilton B, Sugimoto D, Casals M. Ankle Sprain Versus Muscle Strain Injury in Professional Men's Basketball: A 9-Year Prospective Follow-up Study. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(6):2325967119849035.
3. Stubbe JH, van Beijsterveldt AM, van der Knaap S, Stege J, Verhagen EA, van Mechelen W, Backx FJG. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. *J Athl Train.* 2015;50(2):211-216.
4. Van Gent RN, Siem D, van Middelkoop M, van Os AG, Bierma-Zeinstra SM, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2007;41(8):469-480.
5. Humphrey JA, Humphrey PP, Greenwood AS, Anderson JL, Markus HS, Ajuied A. Musculoskeletal injuries in real tennis. *Open Access J Sports Med.* 2019;23(10):81-86.
6. Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM. A randomized clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes. *Br J Sports Med.* 2001;35(1):60-64.
7. Gorucu A, Tokay B. The effect of different type of exercises on the isokinetic strength of quadriceps and hamstring muscles. *Turk J Sport Exe.* 2017;19(1):31-38.
8. Brito J, Vasconcellos F, Oliveira J, Krustup P, Rebelo A. Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *J Hum Kinet.* 2014;40:121-128.
9. Oliano VJ, Teixeira LP, Lara S, Balk RS, Fagundes SG. Effect of FIFA 11+ in addition to conventional handball training on balance and isokinetic strength. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2017;19(4):406-415.

10. **Rinaldo M A, Jacinto JL, Pacagnelli FL, Shigaki L, Ribeiro AS, Balvedi MCW, Altimari LR, da Silva DK, de Andrade WB, da Silva RA, Aguiar AF.** Effects of training volume on lower-body muscle strength in untrained young men: a contralateral control study // *Journal of Physical Education*. 2018. Vol.24, №3. e008318.
11. **Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL.** Balance and Strength Training Protocols to Improve Chronic Ankle Instability Deficits, Part I: Assessing Clinical Outcome Measures // *J Athl Train*. 2018. Vol.53, №6. P.568-577.
12. **Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI.** The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players // *PLoS One*. 2018. Vol.13, №3. e0193841.
13. **Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslud E, Moltubakk MM, Krosshaug T.** Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players // *J Strength Cond Res*. 2018. Vol.32, №8. P.2314-2323.
14. **Zvijac JE, Toriscelli TA, Merrick WS, Papp DF, Kiebzak GM.** Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine // *J Strength Cond Res*. 2014. Vol.28, №4. P.875-883.
15. **Maly T, Mala L, Bujnovsky D, Hank M, Zahalka F.** Morphological and Isokinetic Strength Differences: Bilateral and Ipsilateral Variation by Different Sport Activity // *Open Med (Wars)*. 2019. Vol.14. P.207-216.
16. **Costa Silva JR, Daniele D, Juliano Dal P, de la Rocha FC.** Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer player's U20 category // *Rev Bras Cineantropom Des Hum*. 2015. Vol.17, №2. P.195-204.
17. **Rodrigues AC, Vieira NA, Marche AL, Santana JE, Vaz MA, Cunha SA.** Knee isokinetic torque imbalance in female futsal players // *Rev Bras Med Esporte*. 2017. Vol.23, №5. P.352-356.
18. **Struzik A, Pietraszewski B.** Relationships between Hamstrings-to-Quadriceps Ratio and Variables Describing Countermovement and Drop Jumps // *Appl Bionics Biomech*. 2019:4505481
19. **Törpel A, Becker T, Thiers A, Hamacher D, Schega L.** Intersession Reliability of Isokinetic Strength Testing in Knee and Elbow Extension and Flexion Using the BTE PrimusRS // *J Sport Rehabil*. 2017. Vol.26, №4. P.1-14.
20. **Habets B, Staal JB, Tijssen M, van Cingel R.** Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles // *BMC Res Notes*. 2018. Vol.11, №1. P.15.
21. **D'Alessandro RL, Silveira EA, dos Anjos MT, da Silva AA, da Fonseca ST.** Analysis on the association between isokinetic dynamometry of the knee's articulation and one-leg horizontal jump, hop test, in volleyball athletes // *Rev Bras Med Esporte*. 2005. Vol.11, №5. P.271-275.
22. **Carvalho HM, Silva MJ, Ronque ER, Gonçalves RS, Philippaerts RM, Malina RM.** Assessment of reliability in isokinetic testing among adolescent basketball players // *Medicina (Kaunas)*. 2011. Vol.47, №8. P.446-452.
23. **McQuoid KA, Edmonds J, MacPhail C, McGibbon C.** Reliability of Lower-Extremity Dynamometry Testing of the Ankle, Knee and Hip // *Med Sci Sports Exe*. 2007. Vol.39, №5. P.257.
10. **Rinaldo M A, Jacinto JL, Pacagnelli FL, Shigaki L, Ribeiro AS, Balvedi MCW, Altimari LR, da Silva DK, de Andrade WB, da Silva RA, Aguiar AF.** Effects of training volume on lower-body muscle strength in untrained young men: a contralateral control study. *Journal of Physical Education*. 2018;24(3):e008318.
11. **Hall EA, Chomistek AK, Kingma JJ, Docherty CL.** Balance- and Strength-Training Protocols to Improve Chronic Ankle Instability Deficits, Part I: Assessing Clinical Outcome Measures. *J Athl Train*. 2018;53(6):568-577.
12. **Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI.** The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One*. 2018;13(3):e0193841.
13. **Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslud E, Moltubakk MM, Krosshaug T.** Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. *J Strength Cond Res*. 2018;32(8):2314-2323.
14. **Zvijac JE, Toriscelli TA, Merrick WS, Papp DF, Kiebzak GM.** Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):875-883.
15. **Maly T, Mala L, Bujnovsky D, Hank M, Zahalka F.** Morphological and Isokinetic Strength Differences: Bilateral and Ipsilateral Variation by Different Sport Activity. *Open Med (Wars)*. 2019;14:207-216.
16. **Costa Silva JR, Daniele D, Juliano Dal P, de la Rocha FC.** Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer player's U20 category. *Rev Bras Cineantropom Des Hum*. 2015;17(2):195-204.
17. **Rodrigues AC, Vieira NA, Marche AL, Santana JE, Vaz MA, Cunha SA.** Knee isokinetic torque imbalance in female futsal players. *Rev Bras Med Esporte*. 2017;23(5):352-356.
18. **Struzik A, Pietraszewski B.** Relationships between Hamstrings-to-Quadriceps Ratio and Variables Describing Countermovement and Drop Jumps. *Appl Bionics Biomech*. 2019:4505481.
19. **Törpel A, Becker T, Thiers A, Hamacher D, Schega L.** Intersession Reliability of Isokinetic Strength Testing in Knee and Elbow Extension and Flexion Using the BTE PrimusRS. *J Sport Rehabil*. 2017;26(4):1-14.
20. **Habets B, Staal JB, Tijssen M, van Cingel R.** Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles. *BMC Res Notes*. 2018;11(1):15.
21. **D'Alessandro RL, Paolinelli SEA, dos Anjos MT, da Silva AA, da Fonseca ST.** Analysis on the association between isokinetic dynamometry of the knee's articulation and one-leg horizontal jump, hop test, in volleyball athletes. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(5):271-275.
22. **Carvalho HM, Silva MJ, Ronque ER, Gonçalves RS, Philippaerts RM, Malina RM.** Assessment of reliability in isokinetic testing among adolescent basketball players. *Medicina (Kaunas)*. 2011;47(8):446-52.
23. **McQuoid KA, Edmonds JB, MacPhail CM, McGibbon CA.** Reliability of Lower-Extremity Dynamometry Testing of the Ankle, Knee and Hip. *Med Sci Sports Exe*. 2007;39(1):257.

24. **Bergamin M, Gobbo S, Bullo V, Vendramin B, Duregon F, Frizziero A, Di Blasio A, Cugusi L, Zaccaria M, Ermolao A.** Reliability of a device for the knee and ankle isometric and isokinetic strength testing in older adults // *Muscles Ligaments Tendons J.* 2017. Vol.7, №2. P.323-330.
25. **Hussain SJ, Frey-Law L.** 3D strength surfaces for ankle plantar- and dorsi-flexion in healthy adults: an isometric and isokinetic dynamometry study // *J Foot Ankle Res.* 2016. Vol.9. P.43.
26. **Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, McCormick FM, Bush-Joseph CA, Verma N, Cole B, Bach B.** Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Systematic Review // *Orthop J Sports Med.* 2014. Vol.2, №1. 2325967113518305.
27. **Pontaga I, Zidens J.** Shoulder rotator muscle dynamometry characteristics: side asymmetry and correlations with ball-throwing speed in adolescent handball players // *J Hum Kinet.* 2014. Vol.42. P.41-50.
28. **Lin HT, Ko HT, Lee KC, Chen YC, Wang DC.** The changes in shoulder rotation strength ratio for various shoulder positions and speeds in the scapular plane between baseball players and non-players // *J Phys Ther Sci.* 2015. Vol.27, №5. P.1559-1563.
29. **Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM.** Isokinetic Evaluation of Knee Extensor and Flexor Muscles in Professional Soccer Players // *Rev Bras Med Esporte.* 2011. Vol.17, №3. P.189-192.
30. **Whinton AK, Thompson KMA, Power GA, Burr JF.** Testing a novel isokinetic dynamometer constructed using a 1080 Quantum // *PLoS One.* 2018. Vol.13, №7. e0201179.
31. **Kocahan T, Akinoğlu B.** Determination of the relationship between core endurance and isokinetic muscle strength of elite athletes // *J Exerc Rehabil.* 2018. Vol.14, №3. P.413-418.
32. **Pua YH, Bryant AL, Steele JR, Newton RU, Wrigley TW.** Isokinetic Dynamometry in Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction // *Ann Acad Med Singapore.* 2008. Vol.37, №4. P.330-340.
33. **Portes EM, Portes LA, Botelho VG, Souza Pinto Sd.** Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity // *Clinics.* 2007. Vol.62, №2. P.127-132.
34. **Sueyoshi T, Nakahata A, Emoto G, Yuasa T.** Single-Leg Hop Test Performance and Isokinetic Knee Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes // *Orthop J Sports Med.* 2017. Vol.5, №11. 2325967117739811.
35. **Johnson AK, Palmieri-Smith RM, Lepley LK.** Contribution of Neuromuscular Factors to Quadriceps Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction // *J Athl Train.* 2018. Vol.53, №4. P.347-354.
36. **Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM.** Lower Extremity Muscle Strength After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction // *J Athl Train.* 2013. Vol.48, №5. P.610-620.
37. **David P, Halimi M, Mora I, Doutrelot PL, Petitjean M.** Isokinetic testing of evertor and invertor muscles in patients with chronic ankle instability // *J Appl Biomech.* 2013. Vol.29, №6. P.696-704.
38. **Arslan A, Çepni SK, Sahinkaya T, May C, Mutlu H.** Functional outcomes of repair of Achilles tendon using a biological open surgical method // *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2014. Vol.48, №5. P.563-569.
39. **Borms D, Maenhout A, Cools AM.** Upper Quadrant Field Tests and Isokinetic Upper Limb Strength in Overhead Athletes // *J Athl Train.* 2016. Vol.51, №10. P.789-796.
40. **Myers H, Christopherson Z, Butler RJ.** Relationship between the lower quarter y-balance test scores and isokinetic
24. **Bergamin M, Gobbo S, Bullo V, Vendramin B, Duregon F, Frizziero A, Di Blasio A, Cugusi L, Zaccaria M, Ermolao A.** Reliability of a device for the knee and ankle isometric and isokinetic strength testing in older adults. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2017;7(2):323-330.
25. **Hussain SJ, Frey-Law L.** 3D strength surfaces for ankle plantar- and dorsi-flexion in healthy adults: an isometric and isokinetic dynamometry study. *J Foot Ankle Res.* 2016;9:43.
26. **Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, McCormick FM, Bush-Joseph CA, Verma N, Cole B, Bach B.** Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2014;2(1):2325967113518305.
27. **Pontaga I, Zidens J.** Shoulder rotator muscle dynamometry characteristics: side asymmetry and correlations with ball-throwing speed in adolescent handball players. *J Hum Kinet.* 2014;42:41-50.
28. **Lin HT, Ko HT, Lee KC, Chen YC, Wang DC.** The changes in shoulder rotation strength ratio for various shoulder positions and speeds in the scapular plane between baseball players and non-players. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(5):1559-1563.
29. **Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM.** Isokinetic Evaluation of Knee Extensor and Flexor Muscles in Professional Soccer Players. *Rev Bras Med Esporte.* 2011;17(3):189-192
30. **Whinton AK, Thompson KMA, Power GA, Burr JF.** Testing a novel isokinetic dynamometer constructed using a 1080 Quantum. *PLoS One.* 2018;13(7):e0201179.
31. **Kocahan T, Akinoğlu B.** Determination of the relationship between core endurance and isokinetic muscle strength of elite athletes. *J Exerc Rehabil.* 2018;14(3):413-418.
32. **Pua YH, Bryant AL, Steele JR, Newton RU, Wrigley TW.** Isokinetic Dynamometry in Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction. *Ann Acad Med Singapore.* 2008;37:330-340.
33. **Portes EM, Portes LA, Botelho VG, Souza Pinto Sd.** Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. *Clinics.* 2007;62(2):127-132.
34. **Sueyoshi T, Nakahata A, Emoto G, Yuasa T.** Single-Leg Hop Test Performance and Isokinetic Knee Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(11):2325967117739811.
35. **Johnson AK, Palmieri-Smith RM, Lepley LK.** Contribution of Neuromuscular Factors to Quadriceps Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Athl Train.* 2018;53(4):347-354.
36. **Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM.** Lower Extremity Muscle Strength After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction. *J Athl Train.* 2013;48(5):610-620.
37. **David P, Halimi M, Mora I, Doutrelot PL, Petitjean M.** Isokinetic testing of evertor and invertor muscles in patients with chronic ankle instability. *J Appl Biomech.* 2013;29(6):696-704.
38. **Arslan A, Çepni SK, Sahinkaya T, May C, Mutlu H, Parmaksizoglu A.** Functional outcomes of repair of Achilles tendon using a biological open surgical method. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2014;48(5):563-9
39. **Borms D, Maenhout A, Cools AM.** Upper Quadrant Field Tests and Isokinetic Upper Limb Strength in Overhead Athletes. *J Athl Train.* 2016;51(10):789-796.
40. **Myers H, Christopherson Z, Butler RJ.** Relationship between the lower quarter y-balance test scores and isokinetic

strength testing in patient's status post ACL reconstruction // Int J Sports Phys Ther. 2018. Vol.13, №2. P.152-159.

41. **Lepley LK, Palmieri-Smith RM.** Pre-operative quadriceps activation is related to post-operative activation, not strength, in patients post-ACL reconstruction // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016. Vol.24, №1. P.236-246.

42. **Shambaugh DC, Olsen JR, Lacerte E, Kellum E, Miller SL.** A Comparison of Nonoperative and Operative Treatment of Complete Proximal Hamstring Ruptures // Orthop J Sports Med. 2017. Vol.5, №11. P.2325967117738551.

43. **Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault K, Munzinger U.** Reliability of knee extension and flexion measurements using the ConTrex isokinetic dynamometer // Clinical physiology and functional imaging. 2007. Vol.27, №6. P.346-353.

44. **Abdelmohsen AM.** Leg Dominance Effect on Isokinetic Muscle Strength of Hip Joint // J Chiropr Med. 2019. Vol.18, №1. P.27-32.

45. **Maly T, Zahalka F, Mala L, Cech P.** The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys // Open Med (Wars). 2015. Vol.10, №1. P.224-232.

46. **Hong SK, Shim JM, Kim SJ, Namkoong S, Roh HL.** Effect of kinesio taping on the isokinetic muscle function in football athletes with a knee injury // J Phys Ther Sci. 2016. Vol. 28. P.218-222.

47. **Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C.** Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements // Muscles Ligaments Tendons J. 2016. Vol.6, №1. P.116-23.

48. **Nakamura K, Kodama T, Mukaino Y.** Effects of Active Individual Muscle Stretching on Muscle Function // J Phys Ther Sci. 2014. Vol.26, №3. P.341-344.

49. **Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X.** Correlation among proprioception, muscle strength, and balance // J Phys Ther Sci. 2016. Vol.28, №12. P.3468-3472.

strength testing in patient's status post ACL reconstruction. Int J Sports Phys Ther. 2018;13(2):152-159.

41. **Lepley LK, Palmieri-Smith RM.** Pre-operative quadriceps activation is related to post-operative activation, not strength, in patients post-ACL reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016;24(1):236-246.

42. **Shambaugh DC, Olsen JR, Lacerte E, Kellum E, Miller SL.** A Comparison of Nonoperative and Operative Treatment of Complete Proximal Hamstring Ruptures. Orthop J Sports Med. 2017;5(11):2325967117738551.

43. **Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault K, Munzinger U.** Reliability of knee extension and flexion measurements using the ConTrex isokinetic dynamometer. Clinical physiology and functional imaging. 2007;27(6):346-353.

44. **Abdelmohsen AM.** Leg Dominance Effect on Isokinetic Muscle Strength of Hip Joint. J Chiropr Med. 2019;18(1):27-32.

45. **Maly T, Zahalka F, Mala L, Cech P.** The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. Open Med (Wars). 2015;10(1):224-232.

46. **Hong SK, Shim JM, Kim SJ, Namkoong S, Roh HL.** Effect of kinesio taping on the isokinetic muscle function in football athletes with a knee injury. J Phys Ther Sci. 2016;28:218-222.

47. **Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Ferréol S, Dubois C.** Prediction of hamstring injury in professional soccer players by isokinetic measurements. Muscles Ligaments Tendons J. 2016;6(1):116-23.

48. **Nakamura K, Kodama T, Mukaino Y.** Effects of Active Individual Muscle Stretching on Muscle Function. J Phys Ther Sci. 2014;26(3):341-344.

49. **Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X.** Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. J Phys Ther Sci. 2016;28(12):3468-3472.

#### Информация об авторах:

**Плешков Павел Сергеевич**, врач-физиотерапевт основного состава команды ФК «Зенит». ORCIDID:0000-0002-0875-2165

**Хайтин Владимир Юрьевич**, аспирант кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУВО Первый СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, врач по спортивной медицине основного состава команды ФК «Зенит». ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7(931)000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

**Безуглов Эдуард Николаевич**, ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). ORCID ID: 0000-0003-3828-0506

**Матвеев Сергей Владимирович**, профессор кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУВО Первый СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России, д.м.н. ORCIDID: 0000-0001-5698-7850

#### Information about the authors:

**Pavel S. Pleshkov**, M.D., Physiotherapist of the FC «Zenit». ORCID ID: 0000-0002-0875-2165

**Vladimir Y. Khaitin**, M.D., Postgraduate Student of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Sports Medicine Physician of the FC «Zenit». ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7(931)000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

**Eduard N. Bezuglov**, M.D., Assistant Lecturer of the Department of Sport Medicine and Medical Rehabilitation of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). ORCID ID: 0000-0003-3828-0506

**Sergey V. Matveev**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-5698-7850

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 01.12.2019

Принята к публикации: 05.02.2020

Received: 01 December 2019

Accepted: 05 February 2020