

## КОНТРОЛЬ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БЕГУНОВ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ МИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Евгений ГУСИНЕЦ<sup>1</sup>, Геннадий НАРСКИН<sup>1</sup>, Евгений ВРУБЛЕВСКИЙ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,

<sup>2</sup> Полесский государственный университет, Беларусь

КОНТРОЛЬ У ТРЕНУВАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ БІГУНІВ НА  
КОРОТКІ ДИСТАНЦІЇ НА ОСНОВІ МІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ М'ЯЗОВОЇ СИСТЕМИ.  
Євгеній ГУСИНЕЦЬ<sup>1</sup>, Геннадій НАРСЬКІН<sup>1</sup>, Євгеній ВРУБЛЕВСЬКИЙ<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Гомельський державний  
університет ім. Ф. Скорины, <sup>2</sup>Поліський державний університет, Білорусь

**Анотация.** За допомогою міометра MYOTON 3 (пристрою для вимірювання еластичності й жорсткості біологічних тканин) вимірювалися біомеханічні характеристики певних скелетних м'язів спортсменів. Запропонований підхід дозволяє виявити вплив тренувальних і змагальних навантажень різної спрямованості, відпочинку й відновлення на зміну властивостей м'язової системи, запобігти отриманню травм, що, своєю чергою, дозволить індивідуалізувати тренувальний процес.

**Ключові слова:** пружно-в'язкі властивості м'язів, міометр, спринтери, оцінна шкала, тренувальний процес, навантаження, поточний контроль.

**Актуальность.** Рост результатов во многих видах спорта, высокие уровни объёма и интенсивности тренировочных нагрузок делают весьма актуальным поиск неиспользованных резервов в организации тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов, объективный анализ которого основан на систематическом контроле величины и характера тренировочных нагрузок, а также функционального состояния спортсменов [2, 3, 8]. Общеизвестно, что в ходе тренировочного процесса функциональное состояние спортсменов непрерывно изменяется, поэтому необходимо применять методы многошаговых решений с исследованием операций при каждом изменении состояния изучаемой системы [4, 6, 10].

При всей сложности построения процесса тренировки наиболее эффективен режим упреждающего управления с использованием прогнозного обеспечения основных функций системы, постоянным режимом слежения за состоянием спортсмена и своевременным внесением поправок в управляемый процесс тренировки [2, 8, 10]. В основе такого управления лежит текущий контроль, который направлен на оценку текущих состояний, т. е. тех состояний, которые являются следствием нагрузок серий занятий, тренировочных или соревновательных микроциклов, что, в свою очередь, позволяет осуществлять своевременную коррекцию тренировочного процесса [5, 8].

Изучение специальной литературы показало, что для достаточно глубокого определения сущности управления процессом подготовки необходим детальный анализ состояния скелетной мускулатуры [7, 9, 11], в связи с тем, что состояние скелетной мускулатуры наиболее объективно отражает силовой и скоростно-силовой потенциалы, которые имеют большое значение на всех этапах роста спортивного мастерства. Наряду с этим, в спортивной тренировке часто наблюдается несоответствие корригирующих действий тренера возможностям и потребностям мышечной системы спортсмена, изучение которой представляет значительный интерес при определении его функционального состояния [1,6,9,12]. Следует отметить, что, к сожалению, подобные вопросы до настоящего времени пока ещё не стали предметом широкого изучения и соответственно, обсуждения.

**Методика и организация исследований.** С целью совершенствования текущего контроля в тренировочном процессе бегунов на короткие дистанции нами были проведены серии экспериментов, во время которых измерялись биомеханические характеристики ряда скелетных мышц спортсменов с использованием миометра MYOTON 3 (устройства для измерения эластичности и жёсткости биологических тканей) [12].

Исследование проводилось в течение годового цикла подготовки, в котором участвовали бегуны на короткие дистанции (от 1-го разряда до МСМК). Динамика изменения амплитудно-частотных характеристик мышц спортсменов определялась в процессе тренировочных занятий, во время выполнения работы различной направленности.

Измерения проводились отдельно для левой и правой ноги в расслабленном и напряжённом состоянии мышц, которые несут основную нагрузку в беге на короткие дистанции: biceps femoris (двуглавая мышца бедра), gastrocnemius c. m. (икроножная мышца), tibialis anterior (мышца большеберцовая передняя), rectus femoris (прямая мышца бедра), vastus lateralis (латеральная широкая мышца бедра), gluteus maximus (большая ягодичная мышца).

Учитывались 3 основных показателя: *частота колебаний* (frequency) – характеризует напряжение мышцы, *декремент* (decrement) – характеризует эластичность мышцы (способность мышцы восстанавливать исходную форму после сокращения), *жесткость* (stiffness) – характеризует способность мышцы оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил (силовой потенциал мышцы).

Использовались также расчётные индексы жесткости ( $I_s$ ) и декремента (эластичности) ( $I_e$ ), характеризующие текущее состояние мышц.

Индекс жесткости мышцы ( $I_s$ ) вычислялся по формуле:

$$I_s = \frac{f_c - f_r}{f_r},$$

где  $f_c$  – частота свободных колебаний сокращенной мышцы,  $f_r$  – частота свободных колебаний мышцы в состоянии покоя (при тоническом напряжении).

Данный показатель, на наш взгляд, представляет наибольший интерес, в связи с тем, что наибольший интервал между показателями частоты колебаний мышцы, которая находится в состоянии напряжения, и показателями частоты колебаний мышцы в состоянии покоя, говорит о возможности расслабления и напряжения, характеризуя ее наибольшую сократительную способность.

Индекс декремента ( $I_e$ ), отражающий эластичность мышцы, вычислялся по формуле:

$$I_e = 1 + \frac{(\Theta_r - \Theta_c^2)}{\Theta_c(1 + \Theta_r)},$$

где  $\Theta_r$  и  $\Theta_c$  – логарифмические декременты свободных колебаний мышцы в состоянии покоя и сокращенном состоянии соответственно.

Обследования мионометром проводились перед выполнением основной нагрузки после разбега и пробегания каждого отрезка. Полученные данные регистрировались в соответствующем программном обеспечении, которое прилагается к прибору. Далее данные переносились в Excel 2007, где проводился подробный анализ каждой исследуемой мышцы по всем параметрам с построением графиков и математической обработкой полученных данных.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В результате многочисленных измерений характеристик упруго-вязких свойств мышц бегунов на короткие дистанции различной квалификации после нагрузок определенной направленности нами были разработаны специальные уровневые оценочные шкалы показателей частоты, декремента, жесткости, индексов жесткости и декремента: 1–низкий уровень; 2–ниже среднего; 3–средний; 4–выше среднего; 5–высокий (табл. 1). Уровни были определены расчетным методом с использованием стандартного отклонения. Указанные шкалы были разработаны отдельно для группы бегунов разряда МС и МСМК и группы спортсменов квалификации 1-го разряда и кандидатов в мастера спорта.

В качестве примера рассмотрим изменение амплитудно-частотных показателей мышц во время выполнения работы различной направленности.



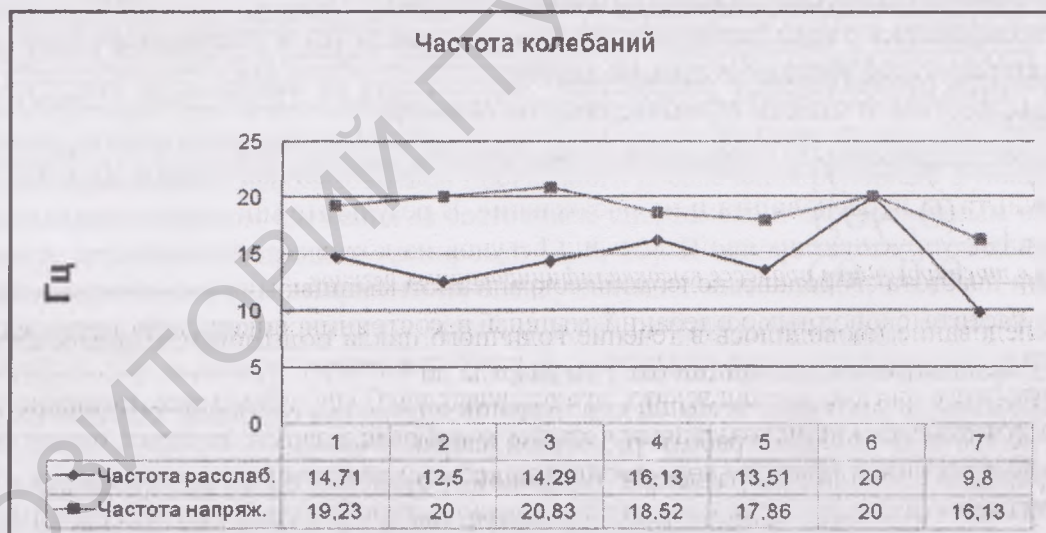
Бегуну на короткие дистанции «В» (кандидат в мастера спорта) было предложено следующее тренировочное задание: бег 100м, 150м, 200м (2 серии) при интенсивности 85-90 % от максимальных усилий, отдых между отрезками 6-7 мин, отдых между сериями 10 мин. Следует подчеркнуть, что данная нагрузка направлена на совершенствование уровня скоростной выносливости спринтера.

Анализ полученных данных свидетельствует, что на протяжении всего тренировочного занятия отмечается тенденция к снижению всех исследуемых показателей (рис. 1-3).

Таблица 1

**Оценочная шкала показателей упруго-вязких свойств мышц  
спринтеров I спортивного разряда и КМС на примере biceps femoris  
(двуглавая мышца бедра)**

Уровень	Расслабленное состояние			Напряжённое состояние			Индекс жёстк.	Индекс декрем.
	Частота (Гц)	Декремент (Отн.е.)	Жёсткость (Н/м)	Частота (Гц)	Декремент (отн.е.)	Жёсткость (н/м)		
5	16,03	1,68	178,03	21,21	1,48	326,40	0,60	1,35
	15,31	1,51	165,50	20,25	1,35	302,09	0,51	1,22
4	15,31	1,51	165,50	20,25	1,35	302,09	0,51	1,22
	14,60	1,33	152,96	19,30	1,23	277,77	0,42	1,10
3	14,60	1,33	152,96	19,30	1,23	277,77	0,42	1,10
	13,16	0,98	127,89	17,38	0,98	229,14	0,24	0,85
2	13,16	0,98	127,89	17,38	0,98	229,14	0,24	0,85
	12,44	0,81	115,35	16,42	0,86	204,83	0,15	0,72
1	12,44	0,81	115,35	16,42	0,86	204,83	0,15	0,72
	11,72	0,63	102,82	15,46	0,74	180,51	0,07	0,60



**Рис. 1. Показатели частоты (Гц) колебаний мышц у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере biceps femoris (двуглавая мышца бедра)**

В показателях частоты, как в расслабленном, так и в напряжённом состоянии (рис. 1), наблюдается снижение частоты вплоть до 5-го измерения. Затем в 6-ом измерении наблюдается значительное возрастание частоты колебаний мышц в расслабленном состоянии до 20 Гц, что равно показателю в напряжённом состоянии. При таком состоянии мышц индекс жёсткости, характеризующий сократительную способность скелетной мускулатуры (рис. 2), равен нулю.

По-нашему мнению, в таком состоянии мышцы не способны выполнять дальнейшую работу эффективно, так как находятся в состоянии высокого мышечного тонуса. Следуя запланированной программе тренировочной работы, спортсмен продолжил выполнение задания, в процессе которого, показатели частоты мышечных колебаний заметно упали, особенно



в расслабленном состоянии (с 14,71 Гц в начале тренировки до 9,8 Гц в конце тренировочного задания). Если сравнить этот показатель с данными разработанной нами оценочной шкалы (таб. 1), то можно увидеть, что отмеченный показатель значительно ниже 1-го уровня – 11,72 (нижняя граница). Исследуемый показатель в напряжённом состоянии выглядит также низким – 16,13 Гц.



Рис. 2. Индекс жёсткости (отн. ед.) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)

На фоне этих двух измерений мышц (в расслабленном и напряжённом состоянии) в 7-м измерении показатель индекс жёсткости ( $I_s$ ) находится на 5 (самом высоком) уровне – 0,65 отн. ед. Это значительно выше, чем в начале тренировки (0,33 отн. ед.), но в данной ситуации не информативен, так как его значение актуально лишь при условии пропорционально выделенных показателей частот колебаний мышц как в расслабленном, так и в напряжённом состоянии.

Показатель декремента (эластичности) (рис. 3) к 6-му измерению демонстрирует непропорциональное изменение: в расслабленном состоянии он стремится к напряжённому состоянию. Так как показатель характеризует эластичность мышцы (способность мышцы восстанавливать исходную форму после сокращения), то здесь мы наблюдаем, как мышца теряет эту способность к 7-му измерению, где декремент в напряжённом состоянии – 1,29 отн. ед., а этот же показатель в расслабленном состоянии – 1,15 отн. ед. В норме же всё должно быть наоборот.

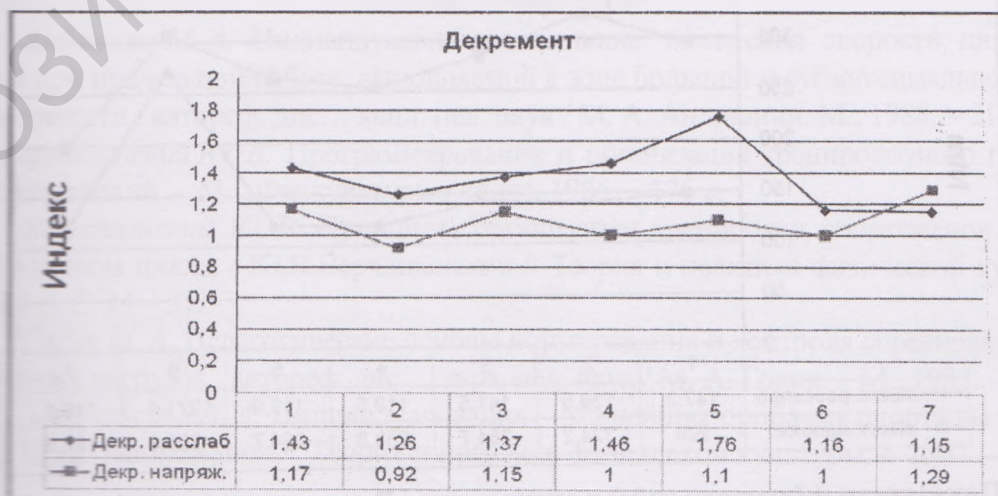
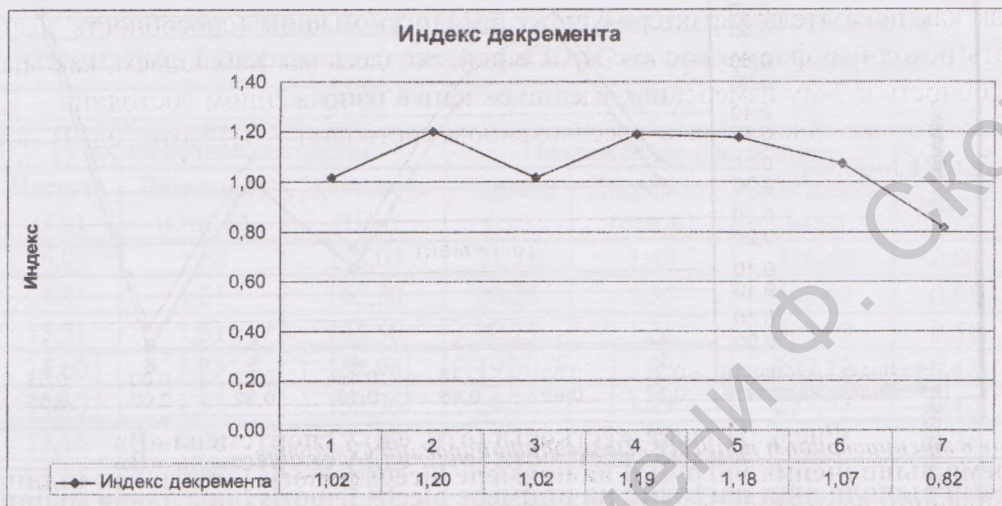


Рис. 3. Показатели (отн. ед.) декремента (эластичности) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)



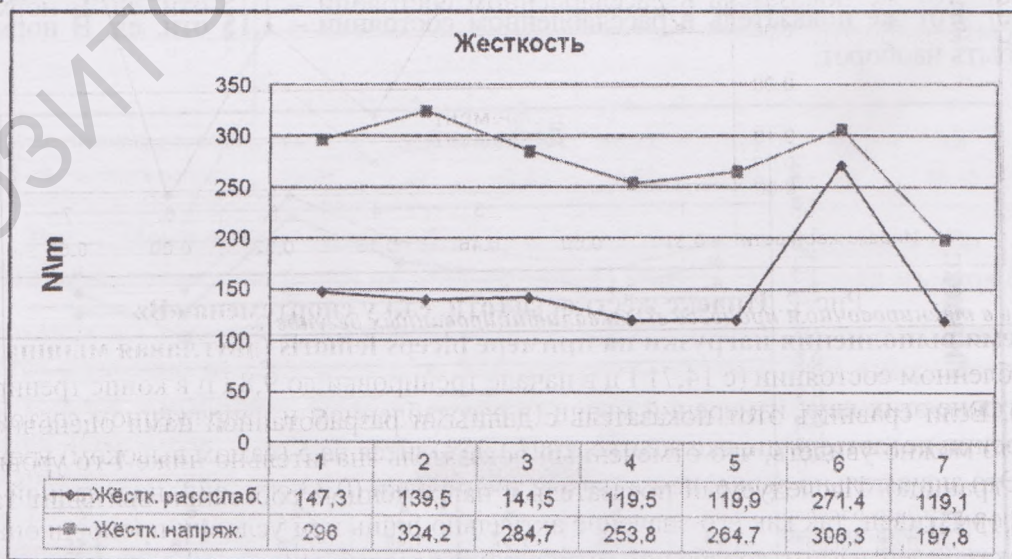
Отмеченная тенденция снижения эластичности особенно ярко видна на рис. 4, где индекс декремента, который наиболее точно отражает текущее состояние эластичности мышцы, снизился к концу тренировки с 1,02 отн. ед. до 0,82 отн. ед. Сравнивая данные показатели со значениями оценочной шкалы (табл. 1), мы видим, что снижение произошло с третьего на второй уровень. Это свидетельствует о том, что состояние эластичности мышц было на низком уровне ещё до выполнения тренировочной нагрузки. Однако во время выполнения работы показатель эластичности значительно увеличился (2, 4, 5 измерения) и составил 1,20; 1,19 и 1,18 отн. ед. соответственно.



**Рис. 4. Индекс (отн.ед.) декремента (эластичности) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере biceps femoris (двуглавая мышца бедра)**

Такая положительная стабильность характеризует скорее качественный потенциал данной мышцы легкоатлета, т.е. его двуглавая мышца бедра способна восстанавливать исходную форму после сокращения, практически на протяжении всей тренировки, даже несмотря на явные признаки утомления. Такое физическое свойство мышцы может способствовать предупреждению возникновения травм опорно-двигательного аппарата спортсмена.

Жёсткость (рис. 5) на протяжении 5-ти измерений имеет тенденцию к снижению. В 6-ом измерении наблюдается значительное увеличение данного показателя, причём непропорционально к измерению в расслабленном состоянии – 271,4 н/м, против 306,3 н/м в напряженном.



**Рис. 5. Показатели жёсткости (н/м) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере biceps femoris (двуглавая мышца бедра)**



Следует уточнить, что жёсткость характеризует способность мышцы оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил (силовой потенциал мышцы). Такое непропорциональное соотношение в норме не встречается (табл. 1) и свидетельствует о низком силовом потенциале мышцы в данный промежуток времени.

Здесь мы хотим обратить внимание на весьма существенный факт, имеющий, на наш взгляд, весьма большое практическое значение. При таком состоянии мышцы дальнейшее выполнение задания крайне опасно, так как это может привести к повреждению волокон двуглавой мышцы бедра. В нашем случае спортсмен продолжил выполнение задания, что привело к дальнейшему снижению показателя жёсткости: 119,1 н/м (в расслабленном состоянии) и 197,8 н/м (в напряжённом). Такое соотношение в оценочной шкале (табл. 1) не встречается и выходит ниже 1-го уровня, что свидетельствует о состоянии резко выраженного утомления.

Характерно, что похожую динамику изменений амплитудно-частотных показателей мы наблюдали и при анализе других мышц, несущих основную нагрузку в беге на короткие дистанции.

Анализ полученного материала выявил чётко выраженную зависимость, которая даёт основание полагать, что спортсмену «В», не следовало выполнять последние два отрезка второй серии предложенной работы, так как исследуемые мышцы в этот момент находились в состоянии сильного утомления. Дальнейшее выполнение тренировочного задания, уже не решало задачи спортивной тренировки и могло привести к перенапряжению мышц и вероятности их травмирования.

#### Выводы.

1. Полученные с помощью миометра данные помогают провести количественную и качественную оценку выполняемой работы, оптимизировать подбор средств для специализированных тренировок.

2. Сравнительный анализ данных основных амплитудно-частотных показателей, полученных во время тренировки, с цифровыми значениями оценочной шкалы (табл. 1) позволяет осуществлять целенаправленное управление тренировочным процессом бегунов на короткие дистанции.

3. Применение миометрического метода (в комбинации с другими методами) позволяет предупредить травмирование мышц, несущих основную нагрузку в соревновательном движении, получить дополнительную информацию для того, чтобы определить начало следующих тренировок после травм.

4. При планировании тренировочной нагрузки следует принимать во внимание индивидуальные особенности и специфичную ответную реакцию организма спортсмена и его физиологических систем на предъявленную нагрузку.

#### Список литературы

1. Андрюнин М. А. Индивидуально-оптимальные изменения скорости циклических движений при предельной работе, выполняемой в зоне большой и субмаксимальной относительной мощности : автореф. дис... канд. пед. наук / М. А. Андрюнин. М., 1988. – 21 с.

2. Верхошанский Ю. В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю. В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – 176 с.

3. Верхошанский Ю. В. Принципы организации тренировки спортсменов высокого класса в годичном цикле. / Ю. В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры – 1981. – № 2. – С. 24 – 31.

4. Годик М. А. Педагогические основы нормирования и контроля соревновательных и тренировочных нагрузок : автореф. дис. ... д-ра. пед. наук / М. А. Годик. – М., 1982. – 46 с.

5. Запорожано В. А. Индивидуализация – важнейшая проблема спорта высших достижений / В. А. Запорожанов // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 7. – С. 12 – 13.

6. Комплексный метод определения свойств и состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов / Я. М. Коц, Ю. А. Коряк, С. П. Кузнецов. – М., 1983. – 35 с.

7. Мартьянов В. А. Новые направления исследований нервно-мышечного аппарата / В. А. Мартьянов // Научный альманах МГАФК. – Малаховка, 2001. – Том 3. – С. 280 – 297.
8. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. / В. Н. Платонов. – К: Олимпийская литература, 2004. – 807 с.
9. Поликарпов А. В. Изучение динамики нервно-мышечного аппарата у бегунов на короткие дистанции в соревновательном периоде / А. В. Поликарпов, В. Н. Коновалов // Проблемы совершенствования олимпийского движения, физической культуры и спорта в Сибири. – Омск, 2002. – С. 163 – 165.
10. Ширковец Е. А. Система оперативного управления при тренировке в циклических видах спорта : дис. ...д-ра пед. наук. / Е. А. Ширковец. – М.; 1995. – 286 с.
11. Шуров В. А. Функциональные и структурные свойства мышц нижних конечностей у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / В. А. Шуров, С. Н. Елизарова, Л. А. Гребенюк // Теория и практика физической культуры. – 2004, – № 1. – С. 40 – 42.
12. Vain A. Criteria for preventing overtraining of the musculoskeletal system of gymnasts / A.Vain, T. Kums // Biologi of sport. – 2002. – Nr. 4(19). – P. 329 – 345.

### КОНТРОЛЬ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БЕГУНОВ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ МИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Евгений ГУСИНЕЦ<sup>1</sup>, Геннадий НАРСКИН<sup>1</sup>, Евгений ВРУБЛЕВСКИЙ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,

<sup>2</sup> Полесский государственный университет, Беларусь

**Аннотация.** С помощью миометра MYOTON 3 (устройства для измерения эластичности и жёсткости биологических тканей) измерялись биомеханические характеристики ряда скелетных мышц спортсменов. Предложенный подход позволяет выявить влияние тренировочных и соревновательных нагрузок различной направленности, отдыха и восстановления на изменение свойств мышечной системы, предотвратить получение травмы, что, в свою очередь, позволит индивидуализировать тренировочный процесс.

**Ключевые слова:** упруго-вязкие свойства мышц, миометр, спринтеры, тренировочный процесс, нагрузка, текущий контроль.

### CONTROL IN TRAINING PROCESS OF HIGHLY SKILLED SHORT DISTANCE RUNNERS ON SHORT DISTANCES ON THE BASIS OF MIOMETRICAL INDEXES OF MUSCULAR SYSTEM

Evgeny GUSINETS<sup>1</sup>, Gennady NARSKIN<sup>1</sup>, Evgeny VRUBLEVSKY<sup>2</sup>

Homel University after F. Skorynda<sup>1</sup>, Polissia State University<sup>2</sup>, Belarus

**Annotation.** Biomechanical characteristics of some skeletal muscles of sportsmen were measured with the help of miometr MYOTON 3 (the device for measurement of elasticity and rigidity of biological fibers). The offered approach allows to reveal the influence of training and competitive loads of various direction, rest and restoration on the change of muscular system properties, helps to prevent trauma that, in turn, will allow to individualise training process.

**Key words:** elastic-viscous properties of muscles, miometr, sprinters, training process, load, monitoring.