

Текущий контроль в тренировочном процессе квалифицированных бегунов-спринтеров на основе амплитудно-частотных показателей мышечной системы

Е. В. Гусинец

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 [1].

В ходе управления тренировочным процессом при выборе из различных вариантов оптимальным решением будет такое, при котором достигается максимальное значение целевой функции [2]. Оценка значимости компонентов составляется по критериям эффективности, которые должны отвечать ряду требований:

- представительности, которая отражает основную цель операции, критичность связана с изменением состояния системы;
- критичности, связанной с изменением состояния системы;
- объективности, обеспечивающей возможность должным образом реагировать на неполноту информации о состоянии спортсмена [3].

Интенсивная мышечная работа вызывает различные приспособительные изменения в организме спортсмена. Для учета характера и величины этих сдвигов пользуются двумя группами показателей, характеризующих внешнюю и внутреннюю стороны нагрузки [4]. Первые представляют количественные параметры работы (продолжительность, число повторений, скорость, темп, ритмофазовая структура движений и т.д.), вторые – величину и степень биологической адаптации к нагрузке (динамика ЧСС, V_{O_2} , характер ацидотических сдвигов в крови, структурные изменения в мышцах и т.д.). Обе группы показателей имеют чисто условное деление, так как оценка тренировочных эффектов складывается из закономерных связей между ними [5].

В спортивной деятельности, где напряженность тренировки достигает предельного уровня, главной целью оптимального управления является такое использование адаптационных ресурсов, которое позволяет достичь индивидуального максимума результатов [6]. Необходимо добавить, что управление тренировочным процессом основано на системном подходе к сбору и анализу информации о состоянии спортсмена на каждом этапе подготовки. В процессе принятия решений одним из основных методов является исследование срочного тренировочного эффекта, поскольку этот метод позволяет выработать обоснованные оперативные рекомендации по выбору тренировочных режимов [7].

Общеизвестно, что в ходе тренировочного процесса функциональное состояние спортсменов непрерывно меняется, поэтому необходимо применять методы многошаговых решений с исследованием операций при каждом изменении состояния изучаемой системы [8].

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 [9, 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 [11].

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 УТ 98-01 (устройства для измерения эластичности и жёсткости биологических тканей).

Исследование проводилось в течение годового цикла подготовки, в котором участвовали высококвалифицированные бегуны на короткие дистанции (с 1-го разряда до МСМК). Измерения проводились раздельно 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 s.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), жёсткость (*stiffness*) – характеризует способность мышцы оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил (силовой потенциал мышцы).

Использовались также расчётные индексы жёсткости (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 больший 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 Θ_r и Θ_c – логарифмические декременты свободных колебаний мышцы в состоянии покоя и сокращенном соответственно.

Изменение амплитудно-частотных показателей мышц во время выполнения работы различной направленности проверено в процессе тренировочного занятия.

Бегуну на короткие дистанции «В», который имел спортивный разряд кандидата в мастера спорта. Ему 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.

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

Следует отметить, что в результате многочисленных исследований упруго-вязких свойств мышц бегунов на короткие дистанции различной квалификации нами были разработаны специальные пяти уровневые оценочные шкалы показателей частоты, декремента, жёсткости, индексов жёсткости и декремента: 1–низкий уровень; 2–ниже среднего; 3–средний; 4–выше среднего; 5 – высокий (таблица 1).

Таблица 1 Оценочная шкала для групп 1 разряда и КМС на примере biceps femoris (двуглавая мышца бедра)

уровень	расслабленное состояние			напряжённое состояние			индекс жёстк.	индекс декрем.
	частота гц	декремент у.е.	жёсткость н/м	частота гц	декремент у.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

Уровни были определены расчетным методом с использованием стандартного отклонения. Указанные шкалы были разработаны отдельно для группы мастеров спорта (МС) и мастеров спорта международного класса (МСМК) и группы 1-го разряда и кандидатов в мастера спорта (КМС).

В качестве примера рассмотрим изменение амплитудно-частотных значений мышцы biceps femoris (двуглавая мышца бедра) в процессе выполнения тренировочной работы.

Анализ полученных данных показал, что на протяжении всего тренировочного занятия отмечается тенденция к снижению всех исследуемых показателей (диаграммы 1–3).

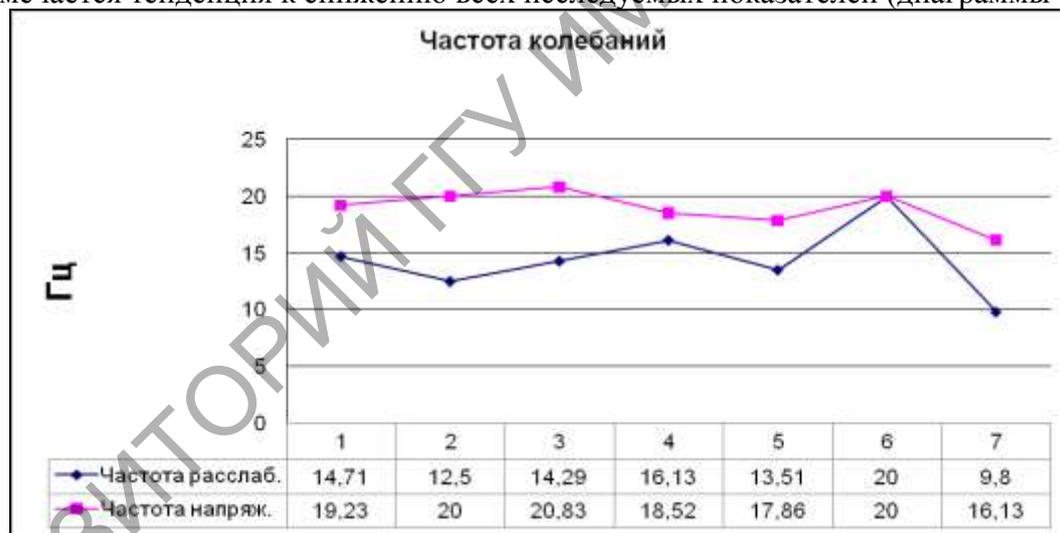


Диаграмма 1 Показатели частоты колебаний мышц у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере biceps femoris (двуглавая мышца бедра)

В показателях частоты, как в расслабленном, так и в напряжённом состоянии (диаграмма 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, который равен тому же показателю в напряжённом состоянии. При таком состоянии мышц индекс жёсткости, характеризующий сократительную способность скелетной мускулатуры, (диаграмма 2) равен 0. 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 которой 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 оце-

ночной шкалой (таблица 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 – ниже верхней границы 1-го уровня – 16,42 Гц.

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



Диаграмма 2 – Индекс жёсткости у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)

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

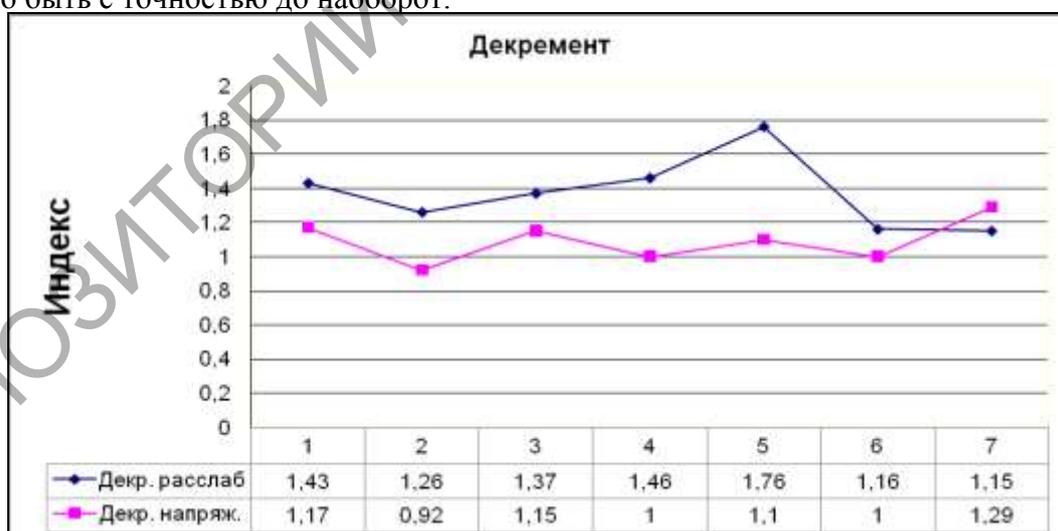


Диаграмма 3 – Показатели декремента (эластичности) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)

Отмеченная тенденция снижения эластичности особенно ярко видна на диаграмме 4, где видно, как индекс декремента, который наиболее точно отражает текущее состояние эластичности мышцы, снизился к концу тренировки с 1,02 ед. до 0,82 ед. Сравнивая данные показатели со значениями оценочной шкалы (таблица 1), мы видим, что снижение произошло с

третьего на второй уровень. Это говорит о том, что состояние эластичности мышц было на низком уровне ещё до выполнения тренировочной нагрузки. Однако во время выполнения работы показатель эластичности значительно вырос (2, 4, 5 измерения) и составил 1,20; 1,19 и 1,18ед. соответственно. Такая положительная стабильность характеризует скорее качественный потенциал данной мышцы легкоатлета, т.е. данная мышца способна восстанавливать исходную форму после сокращения, практически на протяжении всей тренировки, даже несмотря на явные признаки утомления. Это физическое свойство мышцы очень полезно в противодействии возникновению травм.

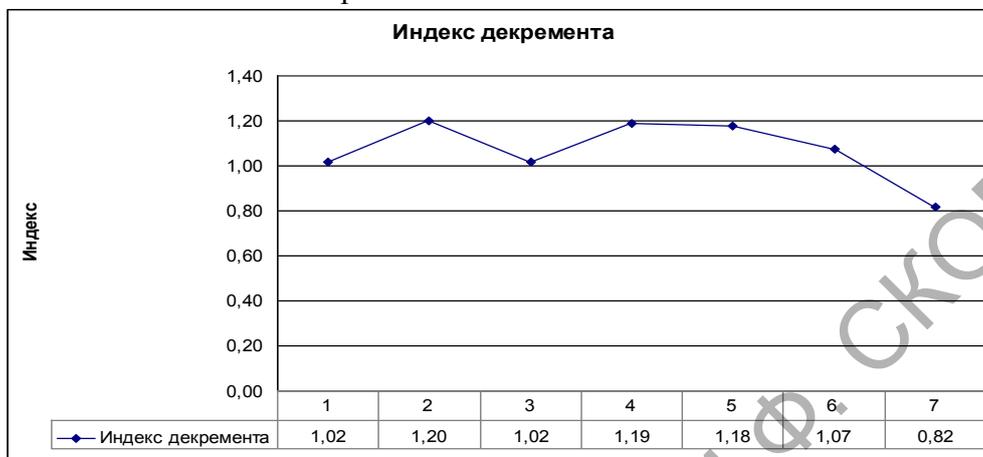


Диаграмма 4 – Индекс декремента (эластичности) у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)

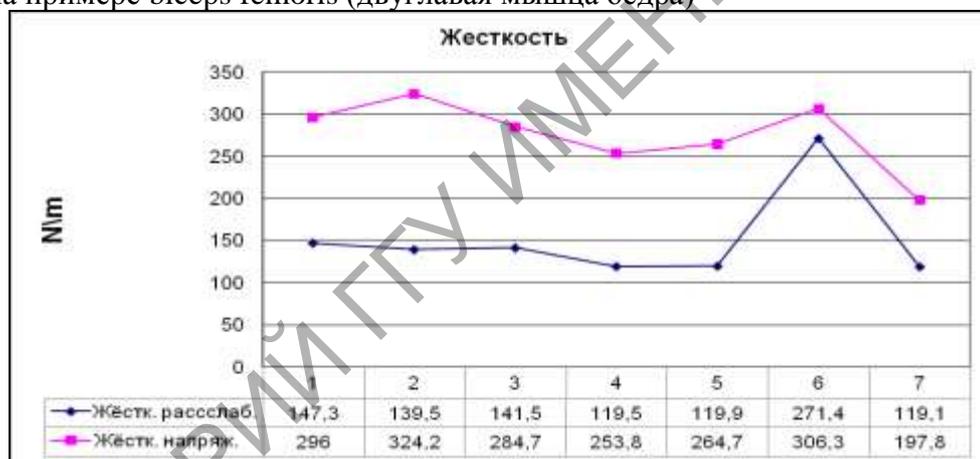


Диаграмма 5 – Показатели жёсткости у спортсмена «В» во время выполнения нагрузки на примере *biceps femoris* (двуглавая мышца бедра)

Жёсткость (диаграмма 5) на протяжении 5-ти измерений имеет тенденцию к снижению. В 6-ом измерении наблюдается значительное увеличение данного показателя, причём непропорционально со стороны измерения в расслабленном состоянии – 271,4 н/м против 306,3 н/м в напряженном. 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 (таблица 1) и свидетельствует о низком силовом потенциале мышцы в данный промежуток времени.

Здесь нам удалось отметить 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 напряженном). Такое соотношение в оценочной шкале (таблица 1) не встречается и находится ниже 1-го уровня, что свидетельствует о состоянии резко выраженного утомления.

Анализ полученного материала выявил чётко выраженную зависимость, которая даёт нам 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 и травме.

Следует уточнить, что похожую динамику изменений амплитудно-частотных показателей мы наблюдали и при анализе других мышц, несущих основную нагрузку в беге на короткие дистанции, которые наблюдались в процессе проведенного экспериментального тренировочного занятия.

Таким образом, данные, полученные с помощью миометра, помогают провести количественную и качественную оценку выполняемой работы. 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.

Следовательно, сравнительный анализ данных основных амплитудно-частотных показателей, полученных во время тренировки, с цифровыми значениями оценочной шкалы (таблица 1) позволяет осуществлять целенаправленный текущий контроль тренировочного процесса бегунов на короткие дистанции.

Abstract. Researches presented in this paper are directed to the perfection of the current control of short-distance runners' training process on the basis of miometrical indicators of the muscular system.

Литература

1. Корженевский, А.Н. Информативность энергетических показателей для оценки физической работоспособности и подготовленности спортсменов / А. Н. Корженевский // Теория и практика физ. культуры. – 1994. – № 9. – С. 25-30.
2. Ширковец, Е.А. Система оперативного управления при тренировке в циклических видах спорта / Е. А. Ширковец. – Дис... докт. пед. наук.– М., 1995.– 286 с.
3. Зацюрский, В.М. Основы спортивной метрологии / В. М. Зацюрский. – М.: Физкульт. и спорт, 1979.– 152 с.
4. Матвеев, Л.П. К теории построения спортивной тренировки / Л. П. Матвеев // Теория и практ. физ. культ. – 1991. – № 12. – С. 11-21.
5. Андрюнин, М.А. Индивидуально-оптимальные изменения скорости циклических локомоций при предельной работе, выполняемой в зоне большой и субмаксимальной относительной мощности / М. А. Андрюнин. – Автореф. дис. канд.пед.наук. – М., 1988. – 21 с.
6. Харитонов, Л.Г. Теоретическое и экспериментальное обоснование типов адаптации в спорте / Л. Г. Харитонов // Теория и практика физ. культуры. – 1991. – № 7. – С. 21–24.
7. Верхошанский, Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю. В. Верхошанский. – М.:ФИС, 1985. – 176 с.
8. Верхошанский, Ю.В. Принципы организации тренировки спортсменов высокого класса в годичном цикле / Ю. В. Верхошанский // Теор. и практ. физ.культ.– 1991. № 2. – С. 24–31.
9. Вайцеховский, С.М. Оперативное управление процессом спортивной тренировки /С. М. Вайцеховский // Теория и практ. физ культ. – 1979. – № 1. – С.47–50.
10. Годик, М.А. Педагогические основы нормирования и контроля соревновательных и тренировочных нагрузок / М. А. Годик. – Автореф. дисс.докт. пед. наук. -М, 1982. – 46 с.
11. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В. Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с. Библиогр.: 1068 назв. Ил. 522. Табл. 206.