

**КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЫШЦ СПОРТСМЕНОВ
ПО ДАННЫМ ПРОЯВЛЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ
В ПРЫЖКОВОМ ТЕСТЕ**

**Т.А. ПОГОСЯН, И.А. РУБИНШТЕЙН,
М.М. ПОГОСЯН,
ФГБОУ ВО МГАФК, п.г.т. Малаховка,
Московская обл., Россия**

Аннотация

В статье представлена методика оценки показателей высоты вертикальных прыжков, отражающих композиционный состав мышечных волокон четырехглавой мышцы бедра спортсменов. Принималось, что степень развития компонентов физической подготовленности спортсмена имеет доминирующую зависимость от мышечной композиции и определяет результативность соревновательной деятельности. За основу разработки были взяты исследования А.В. Шишкиной, предложившей оценивать энергетические возможности мышц по данным истощения алактатных источников энергообеспечения. Интерпретация полученных результатов исследования включает выявление не только момента перехода гликолитических процессов энергообеспечения на окислительно-гликолитические, но и позволяет зафиксировать включение окислительных механизмов энергопродукции. Результатом исследования стало внесение формул и интерпретаций в разработанную компьютерную программу комплексного тестирования функциональной тренированности юных спортсменов «Чемпион».

Ключевые слова: физическая подготовленность, композиционный состав мышечных волокон, энергообеспечение мышечной деятельности, спортсмены, спортивная ориентация, компьютерная программа «Чемпион».

**AN INDIRECT ASSESSMENT
OF THE ENERGY CAPABILITIES OF ATHLETES' MUSCLES
ACCORDING TO THE MANIFESTATIONS OF PHYSICAL FITNESS
IN THE JUMPING TEST**

**T.A. POGOSYAN, I.A. RUBINSHTEYN,
M.M. POGOSYAN,
FSBEI HE MSAPE, p.g.t. Malakhovka,
Moscow region, Russia**

Abstract

The article presents a methodology for assessing the height of vertical jumps, reflecting the composition of the muscle fibers of the quadriceps femoris of athletes. It was assumed that the degree of development of the components of an athlete's physical fitness has a dominant dependence on muscle composition and determines the effectiveness of competitive activity. The development was based on the research of A.V. Shishkina, who proposed to evaluate the energy capabilities of muscles according to the exhaustion of alactate sources of energy supply. The interpretation of the obtained research results includes the identification not only of the moment of transition of glycolytic processes of energy supply to oxidative-glycolytic ones, but also allows us to fix the activation of oxidative mechanisms of energy production. The result of the study was the introduction of formulas and interpretations into the developed computer program for comprehensive testing of functional fitness of young athletes "Champion".

Keywords: physical fitness, compositional composition of muscle fibers, energy supply of muscular activity, athletes, sports orientation, computer program "Champion".

Введение

Изучение аэробного и анаэробного видов метаболизма скелетных мышц и их относительного вклада в энергообеспечение мышечной деятельности служит основой для разработки критериев оценки функциональной тренированности спортсменов. Преобладание определенного вида

энергообеспечения мышечной деятельности обусловлено составом мышечных волокон спортсменов и является значимым маркером предрасположенности к нагрузкам разной направленности, формируя определенную структуру физической подготовленности спортсмена [7].



К настоящему времени известно, что распределение быстрсокращающихся волокон в мышцах спортсмена может быть хорошо проиллюстрировано с помощью статических прыжков, которые отражают способность к взрывной силе [8, 9, 11, 12].

Физиологический механизм, который обеспечивает взрывную силу, необходимую для максимально сильного сокращения мышц ног и туловища зависит в первую очередь от наличия в мышцах мощной АТФ-азы миозина, которая содержится в волокнах II типа. Поэтому авторы подчеркивают, что даже самые простые измерения позволяют обнаружить периоды важных качественных, то есть наиболее важных возрастных изменений в работе организма [5].

На этом принципе основан метод А.В. Шишкиной [8], где предлагается выполнить 40–50 прыжков подряд, с установкой «прыгать как можно выше в каждом прыжке». Способ основан на исчерпании алактатных источников энергообеспечения, где принимается – чем значительнее разница между высотой прыжков в начале теста и на 30-х прыжках при исчерпании креатинфосфата, тем больше вклад анаэробной энергопродукции при выполнении тестового задания. Методика автора была подтверждена гистохимическими исследованиями мышечной ткани у пяти высококвалифицированных спортсменов ($r = 0,93$).

Процедура тестирования дает высокую воспроизводимость результатов при выполнении разными спортсменами. А сами показатели обнаруживают высокую корреляцию с педагогическими результатами в спринтерском беге, прыжках в длину с места, изокинетическим выпрямлением ног, а также с прямой биопсией мышц спортсменов с дальнейшим гистохимическим исследованием [8, 9, 11, 12].

Использование указанной методики на практике позволило конкретизировать выбор расчетных показателей для корректного определения биоэнергетических возможностей мышц, а также значительно дополнить методику выделением не только перехода от гликолитических к окислительно-гликолитическим волокнам, но и периода преимущественного включения волокон I типа. Методика была дополнена интерпретацией показателей для разных сочетаний и соотношений рекрутированных мышечных волокон с рекомендациями видов спорта, к которым у спортсмена есть предрасположенность. Кроме того, методика дополнительно включает расчет пиковой мощности максимального прыжка и прыжков в период наступления аэробно-анаэробного перехода. Разработка была включена в компьютерную программу комплексного тестирования функциональной тренированности юных спортсменов «Чемпион» и прошла апробацию на тренирующихся студентах физкультурного вуза.

Цель исследования: модифицировать методику А.В. Шишкиной таким образом, чтобы зафиксировать не только переход от анаэробных алактатных процессов энергообеспечения к анаэробному гликолизу, но и выделить пороговую величину нагрузки для перехода к преимущественно аэробным процессам. Зная вес спортсмена, определить пиковую анаэробную мощность, а также мощность работы при переходе от анаэробных процессов энергопродукции к аэробным.

Методы и организация исследования

Тестирование проводилось в научной лаборатории кафедры физиологии и биохимии Московской государственной академии физической культуры. Для достижения цели исследования использовались общепринятые методы: анализ научно-методической литературы, педагогическое тестирование (прыжок вверх с махом рук с последующим расчетом абсолютной пиковой мощности), математико-статистическая обработка данных.

Измерение высоты последовательно выполненных 45 прыжков осуществлялось с помощью контактной платформы и компьютерной программы Excel (рис. 1).



Рис. 1. Тестирование высоты прыжка у студента физкультурного вуза с помощью контактной платформы

В исследовании принимали участие студенты разных спортивных специализаций – тяжелая атлетика, баскетбол, гимнастика, бокс, хоккей, мини-футбол, футбол, фигурное катание, волейбол, борьба, легкая атлетика. Всего 36 тренирующихся испытуемых: 22 юноши и 14 девушек; возраст: 18–21 год; от 2 юношеского разряда до мастера спорта. Использовалась методика Т.А. Погосян для определения рекрутированных мышечных волокон непрямым способом.

Результаты исследования и их обсуждение

При реализации косвенного метода оценки композиции мышечных волокон автор А.В. Шишкина принимает, что после выполнения 30 прыжков происходит переход на окислительные энергетические возможности медленных мышечных волокон. Однако, как известно, после исчерпания креатинфосфата в мышцах включается анаэробный гликолиз, который реализуется, помимо медленных волокон I типа, также и промежуточными волокнами IIА типа [7, 10]. В связи с этим представляется, что спустя 40 с от начала тестового задания, энергообеспечение осуществляется преимущественно окислительными волокнами с большой долей промежуточных волокон IIА типа, которые, по существу, являются тоже быстрыми. Таким образом, формула А.В. Шишкиной позволяет выявить окислительные возможности мышц по отношению к гликолитическим, но не медленным по отношению к быстрым.

Кроме того, изучая показатели спортсменов при использовании указанной методики тестирования, мы выяснили, что некоторые испытуемые имели фазу врататы-



вания и максимальные результаты они демонстрировали не сразу, а спустя 3–5 прыжков (рис. 2).

Из 36 обследуемых 12 спортсменов имели фазу вработывания, из них пятеро демонстрировали максимальный результат только на 5-м прыжке, в связи с чем предлагаем в формуле использовать фактически зафиксированную максимальную высоту прыжка (H_{max}), а не среднюю величину трех первых прыжков.

$$K = \frac{H_{30}}{H_{max}} \times x \times 100\% ,$$

где:

H_{30} – среднее арифметическое значение высоты 31-го, 32-го и 33-го прыжков;

H_{max} – максимальная величина прыжка (фактическая).

Кроме того, встречались спортсменки, у которых высота прыжков в конце была выше, чем в начале тестового задания, и тогда при расчете указанным способом показатели оказывались: выше 100% – медленные волокна, отрицательные числа – быстрые волокна. В таких случаях интерпретация результатов и вовсе была затруднительной.

Указанные недостатки побудили нас провести собственный детальный анализ полученных показателей и самой методики тестирования. Результаты этой работы представлены в табл. 1, где, помимо фиксации максимальной высоты прыжка, рассчитывалась анаэробная выходная мощность по формуле С. Сайерса [11]:

$$N1 (W) = 60,7 \times \text{высота прыжка (см)} + 45,3 \times \text{вес тела (кг)} - 2055.$$

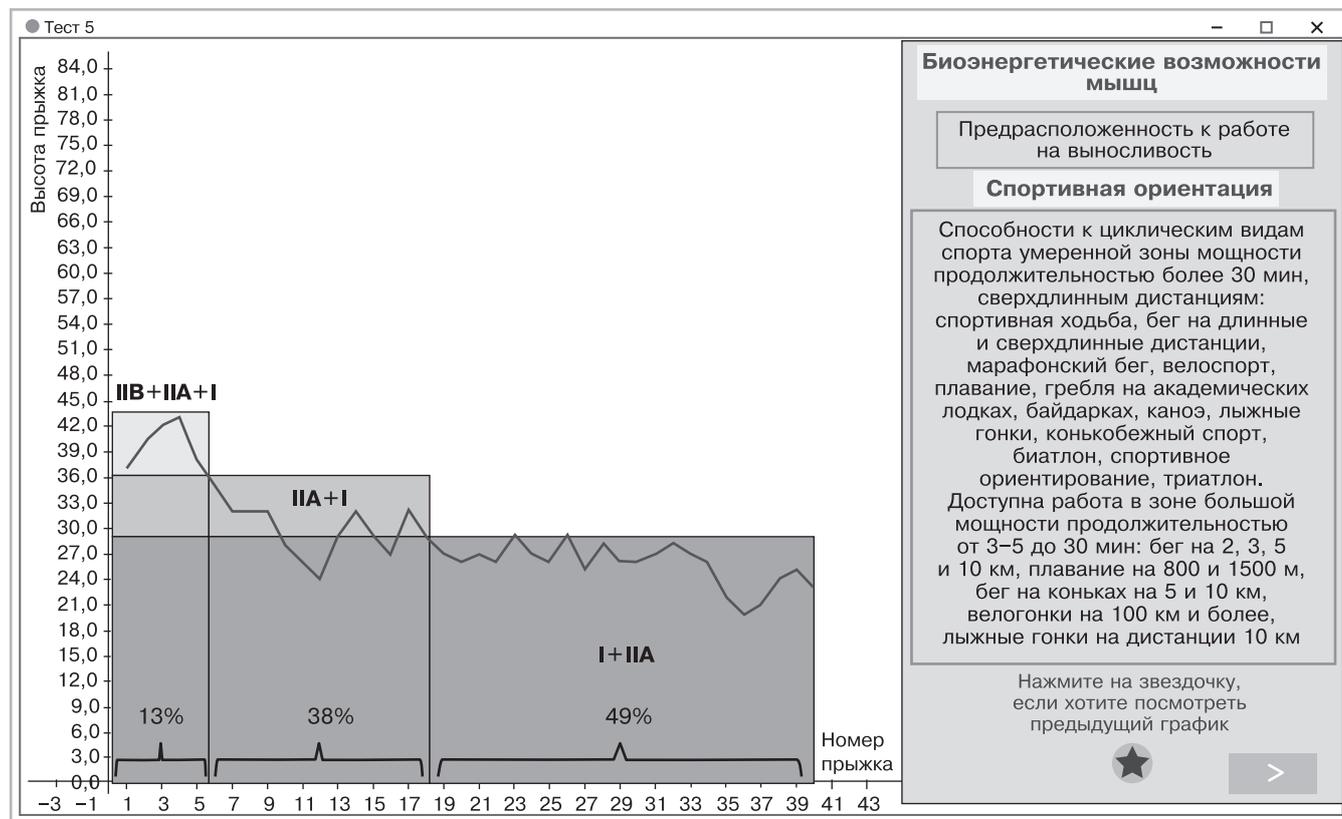


Рис. 2. Динамика снижения высоты вертикальных прыжков (см) тренирующейся баскетболистки 1 взрослого разряда с интерпретацией компьютерной программой «Чемпион»

По результатам исследования выявлены достоверные различия между показателями девушек и юношей ($p < 0,05$). Полученные величины (табл. 1) были проранжированы по возрастанию. Наивысшие показатели пиковой мощности прыжка наблюдались у студентов и студенток специализации «баскетбол». В таблице видно, что не всегда спортсмены, продемонстрировавшие высокие абсолютные показатели высоты прыжка, имели такие же высокие величины анаэробной мощности ($N1$).

Более того, вызывает интерес расчет показателей анаэробной мощности при переходе в аэробно-анаэробную ($N2$), а затем в аэробную ($N3$) зоны. Так, у спортсмена (рис. 2, табл. 1) мощность $N1$ составила 5224 Вт, при $N2 =$

4192 Вт, а при $N3 = 3759$ Вт. Если сравнивать эти показатели с данными менее квалифицированного спортсмена того же вида спорта, то показатели имеют следующий вид: $N1 = 4012$ Вт, $N2 = 3770$ Вт, $N3 = 3284$ Вт. У более квалифицированного спортсмена рекрутируется больше двигательных единиц быстрого типа и в связи с этим переход к $N2$ оказывается более существенным (1032 Вт) по сравнению с менее квалифицированным спортсменом (242 Вт). Однако переход в $N3$ уже более значительный у низкоквалифицированного спортсмена – 486 Вт, чем у сравниваемого спортсмена – 433 Вт, что уже может означать большую аэробно-анаэробную выносливость в зоне смешанной интенсивности работы.



Высота вертикальных прыжков студентов физкультурного вуза разных спортивных специализаций и квалификаций, занимающихся и не занимающихся спортом ($n = 34$)

Ранг по W	Девушки-спортсменки	H_{max} (см)	Абсолютная пиковая мощность (W)	Юноши-спортсмены	H_{max} (см)	Абсолютная пиковая мощность (W)
1	Баскетбол, 2 разряд	30	2937	Баскетбол, 1 разряд	58	5224
2	Тяжелая атлетика, кмс	33	2847	Баскетбол, 2 разряд	46	4678
3	Волейбол, 2 юношеский	32	2658	Баскетбол, 1 разряд	39	4570
4	Гимнастика, 1 разряд	30	2499	Баскетбол, 1 юношеский	50	4513
5	Тяжелая атлетика, мс	31	2498	Баскетбол, 1 разряд	40	4496
6	Гимнастика, кмс	32	2469	Баскетбол, 1 разряд	36	4433
7	Плавание, 2 разряд	31	2272	Бокс, кмс	32	4284
8	Гимнастика, 1 разряд	29	2221	Волейбол, 2 юношеский	46	4223
9	Фигурное катание, кмс	27	2029	Волейбол, 2 юношеский	47	4194
10	Гимнастика, мс	29	1925	Баскетбол, 2 разряд	44	4164
11	Фигурное катание, 1 разряд	27	1983	Баскетбол, 1 юношеский	44	4012
12	Фигурное катание, 2 разряд	31	1909	Футбол, 1 разряд	40	3861
13	Лыжные гонки, 1 разряд	27	1893	Мини футбол, кмс	41	3739
14	Фигурное катание, 2 разряд	29	1834	Бокс, 1 разряд	36	3554
15				Футбол, 2 разряд	41	3604
16				Хоккей, 1 разряд	32	3601
17				Мини-футбол, 1 разряд	31	3382
18				Хоккей, 2 разряд	37	3193
19				Баскетбол, 1 разряд	37	3134
20				Мини футбол, 2 разряд	26	2898
21				Хоккей, 2 разряд	32	2740
22				Бег на средние дистанции, 2 разряд	37	2452
	$n = 14$	$X_{cp. (max)} = 2283,8$ $\sigma = 371,4$ $m = 99,2$		$n = 22$	$X_{cp. (max)} = 3861,3$ $\sigma = 701,5$ $m = 149,5$ $t = 7,72 > 1,69 (p < 0,05)$	

Изучая индивидуальные графики спортсменов, мы обнаружили, что выделилось три типа кривых при выполнении тестового задания (рис. 3).

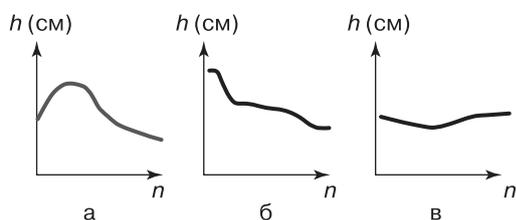


Рис. 3. Варианты динамики высоты 45 вертикальных прыжков у тренирующихся студентов физкультурного вуза

Первый вариант (а) характерен для спортсменов, имеющих фазу вработывания при выполнении теста, таких испытуемых было 12 чел. Второй вариант (б) демонстрировали спортсмены, у которых высота первых прыжков значительно выше высоты последних, в нашем случае выделилось 8 случаев. Для третьего типа (в) характерно

сглаженное изменение высоты прыжков (16 спортсменов), а в отдельных случаях высота последних прыжков оказалась выше первых.

Анализируя причину вариативности результатов при выполнении тестового задания разными спортсменами, мы обратились к работам по изучению управления работой скелетной мускулатуры посредством рекрутирования двигательных единиц. По классификации Р. Берка [10] выделяют: *S (slow)* – медленные, устойчивые к утомлению; *FR (fast resistant)* – быстрые, устойчивые к утомлению; *FF (fast fatigable)* – быстрые, быстроутомляемые двигательные единицы, которые соответствуют морфологическим характеристикам иннервируемых ими мышечных волокон. Активация указанных двигательных единиц осуществляется по «принципу размера» (рис. 4).

Это значит, что сначала при работе любой интенсивности рекрутируются медленные двигательные единицы *S* типа, затем при увеличении интенсивности нагрузки активизируются двигательные единицы *FR* типа, и в последнюю очередь в действие приводятся высокопороговые двигательные единицы *FF* типа.



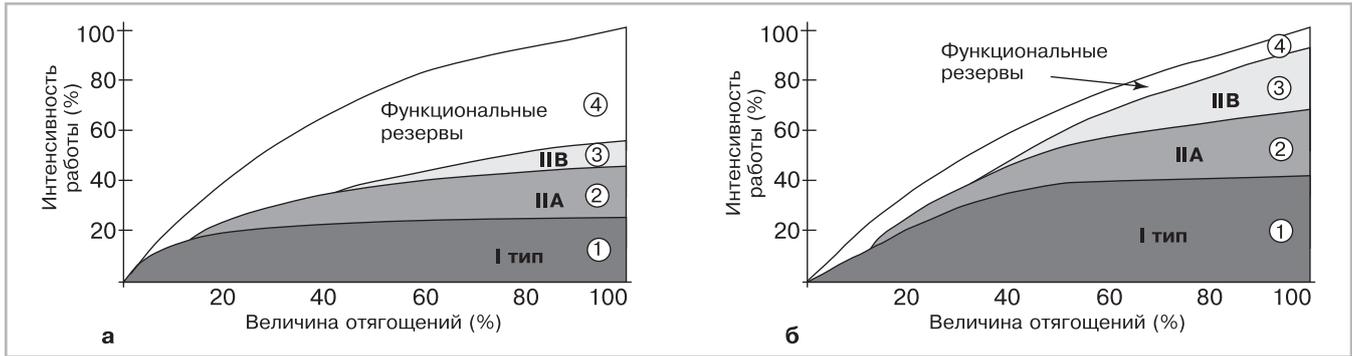


Рис. 4. Вовлечение в работу мышечных волокон различного типа в зависимости от интенсивности работы не занимающихся спортом (а) и высококвалифицированных спортсменов (б) [1]

Выключение двигательных единиц при снижении интенсивности работы происходит в обратном порядке (*FF*, *FR*, *S*). Этот процесс упорядочен и зависит от мощности выполняемой работы. Так, известно, что если внешнее сопротивление менее 20% от *1RM*, рекрутируются только мышечные волокна I типа, от 70% *1RM* – в работу вовлекаются волокна IIa и IIb типов; если интенсивность работы более 88% *1RM*, то происходит синхронизация работы двигательных единиц [1, 4].

Принимая во внимание эту концепцию, мы решили выделять две области перехода к двигательным единицам разного типа, а не одну, как в методике А.В. Шишкиной. Таким образом, следует рассчитывать *K1* – точку перехода от *FF* типа к *FR* типу двигательных единиц и *K2* – переход от типа *FR* к типу *S*. Для этого следует: по *K1* определить с помощью процентной шкалы относительный вклад высоты 30-го прыжка в максимальный, это и будет символизировать переход к преимущественной работе окислительно-гликолитических волокон IIa типа (*FR* тип двигательных единиц). После расчета *K2* оценить вклад прыжка с минимальной высотой в прыжок, соответствующий переходу в аэробно-анаэробную зону энергообеспечения.

Формула для расчета:

$$K1 = \frac{H_{30}}{H_{max}} \times x \times 100\% ,$$

где:

H30 – фактическая величина снижения высоты прыжков или среднее арифметическое значение высоты 27-го – 33-го прыжков;

Hmax – максимальная величина прыжка (фактическая).

При расчете *K1* предлагаем использовать среднее значение высоты с 27-го по 33-й прыжки, так как исследование показало, что снижение высоты прыжков у спортсменов не всегда соответствует 30-му прыжку. В нашем случае оно фиксировалось у всех спортсменов по-разному от 25-го до 33-го прыжка, очевидно, причина такой разницы состоит в скорости выполнения тестового задания. Точку снижения у некоторых спортсменов можно определить графически, и тогда расчет можно произвести, ориентируясь на точную величину снижения высоты прыжков. Так, у спортсмена, представленного на рис. 5, это 28-й прыжок, а у спортсмена (рис. 6) снижение

соответствует 27-му прыжку. Если определение затруднительно, можно в расчет взять среднее 27–33 прыжков.

$$K2 = \frac{H_{min}}{H(K1)} \times x \times 100\% ,$$

где:

Hmin – минимальная высота прыжка;

H(K1) – высота прыжка при *K1*.

Результаты расчетов и графического анализа представлены на рис. 5. Так, у спортсмена высота максимального прыжка равнялась 58 см, а средняя арифметическая 27–33 прыжков – 25,8 см. Показатель *K1* составил 44,5%. Отложим на процентной шкале, расположенной между 25,8 см и 59 см, 44,5% и получим линию, пересечение которой кривой графика знаменует переход к окислительно-гликолитическим двигательным единицам (точка *K1* на рис. 5). Затем посмотрим, какой высоте прыжка соответствует рассчитанная точка, в нашем случае это 41 см. Теперь можно рассчитать *K2*. Для этого следует высоту минимального прыжка (16 см; см. рис. 5) разделить на 41 см и умножить на 100%. Результат 39% отложить на процентной шкале, расположенной между минимальной точкой и точкой *K1*. В тот момент, когда кривая стойко опустится ниже этой отметки, мы принимаем, что организм перешел к преимущественному использованию окислительных возможностей волокон I типа. Далее можно посчитать, сколько прыжков (или процентов прыжков) выполнялось: в анаэробной алактатной зоне; аэробно-анаэробной и аэробной окислительной. Графическое представление данных позволяет понять возможности энергообеспечения мышечной деятельности при рекрутировании двигательных единиц разного типа и предположить функциональные возможности мышц, отражающих их композиционный состав при различных вариантах проявлений физической подготовленности спортсменов.

Использование разработанной методики в динамике годичного цикла тренировки позволит понять, насколько изменились показатели, и дать количественную и качественную оценку скоростно-силовым способностям, скоростной и силовой выносливости, а также общей выносливости по данным соотношения рекрутированных двигательных единиц при выполнении тестового задания. На рисунке 5 видно, что помимо графического представления данных, выводятся оценка биоэнергетических



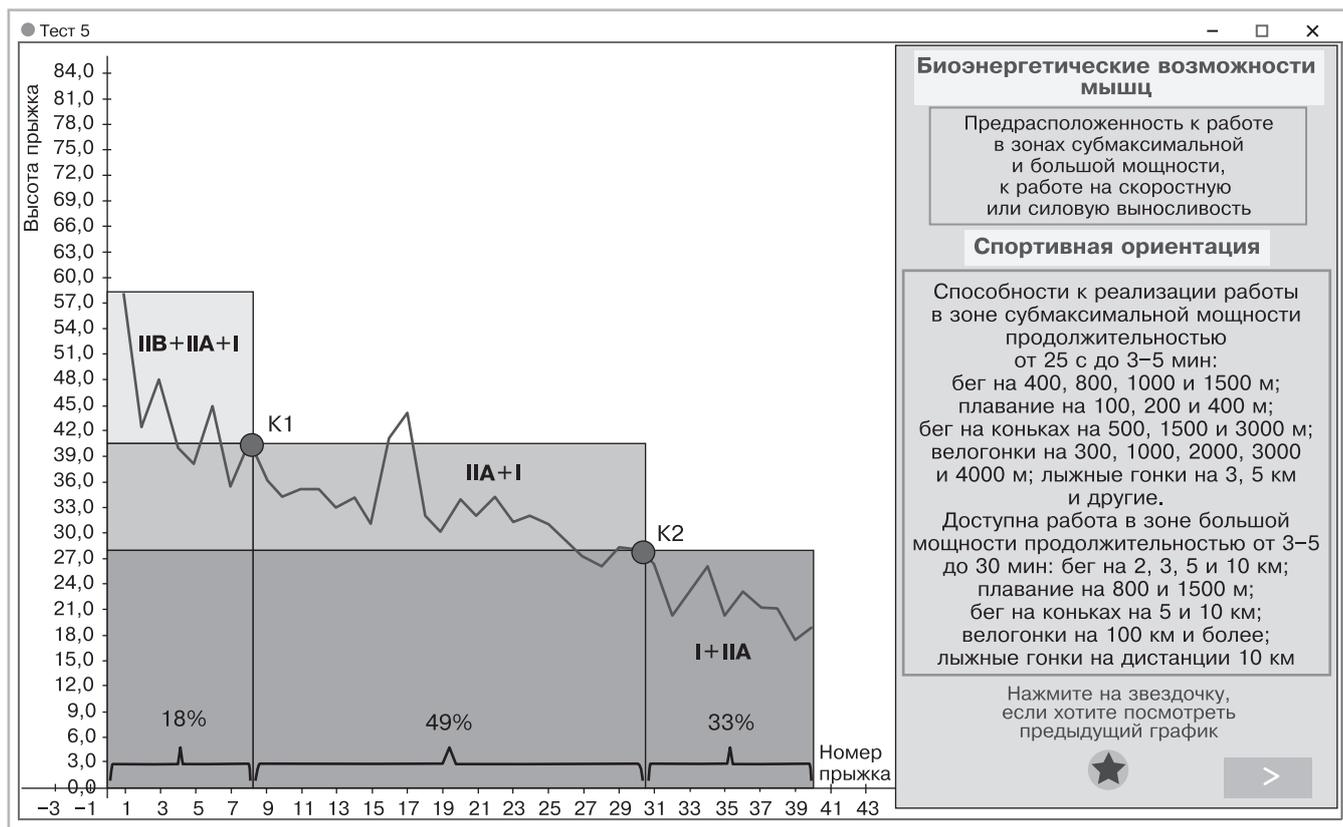
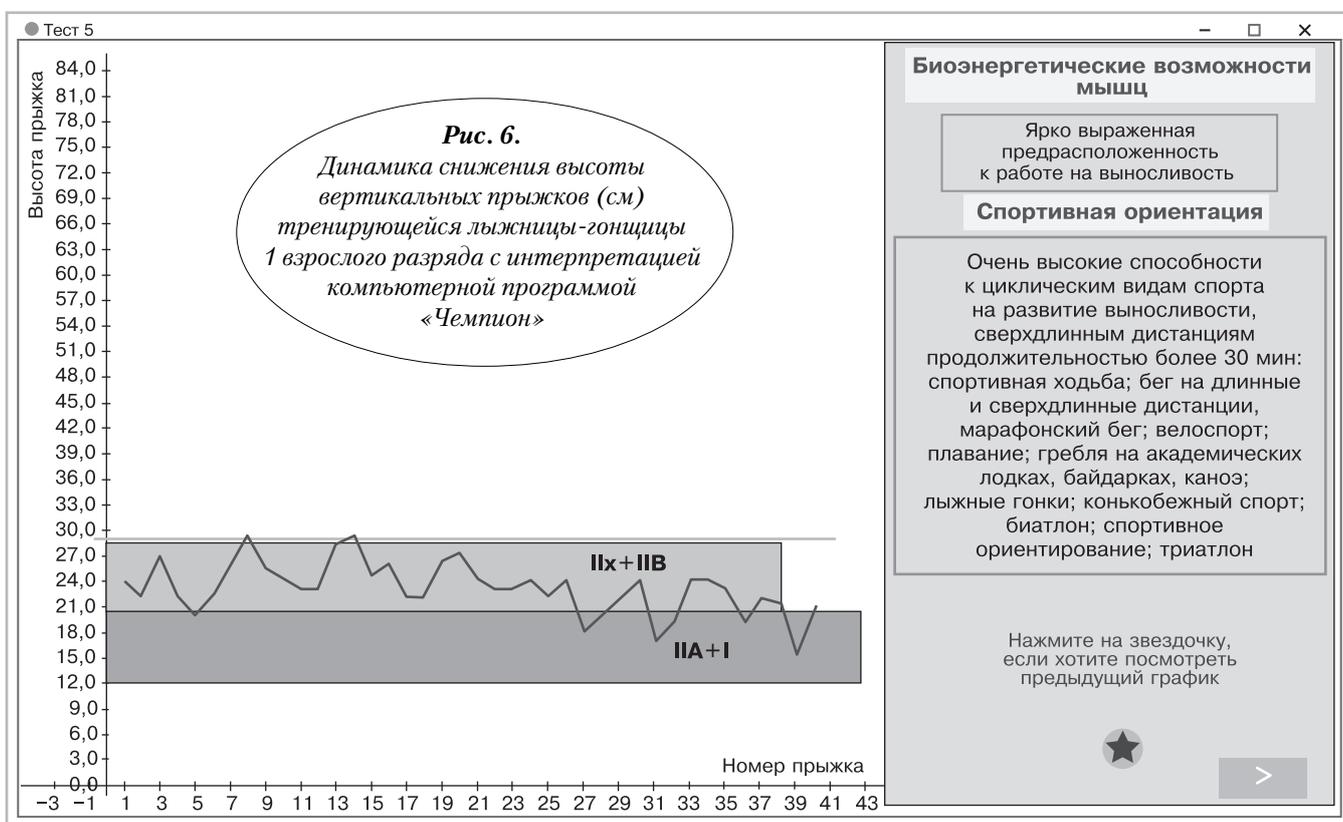


Рис. 5. Динамика снижения высоты вертикальных прыжков (см) активно тренирующегося баскетболиста 1 взрослого разряда с интерпретацией компьютерной программой «Чемпион»



возможностей мышц и рекомендации по спортивной ориентации, что является первостепенным при проведении спортивного отбора юных спортсменов.

Тестирование же взрослых студентов физкультурного вуза показало, что представители разных спортивных специализаций имеют характерные результаты тестирования. Так, наивысшими возможностями анаэробной алактатной системы энергообеспечения обладают баскетболисты и волейболисты, специфика деятельности которых предполагает рекрутирование волокон ПВ типа при выполнении специфической тренировочной и соревновательной работы (табл. 1). Спортсмены других специализаций в большей степени рекрутировали окислительно-гликолитические волокна, способные поддерживать эффективность нагрузок, направленных на развитие скоростной и силовой выносливости. Представители женского пола чаще, чем мужчины и вовсе не

могли активизировать двигательные единицы *FF* типа (рис. 6).

Эти данные согласуются с исследованиями, где показано, что у женщин в общей структуре мышечной ткани преобладают промежуточные волокна ПА типа, тогда как у мужчин анаэробно-гликолитические волокна ПВ типа [5, 6].

Заключение

Разработанная методика тестирования была включена в инновационную комплексную программу мониторинга функциональной тренированности юных спортсменов «Чемпион» [2, 3]. Авторы выражают надежду, что проведенные исследования дополняют информативные методы исследований функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов и позволят оценить их влияние на процессы адаптации в ходе многолетней спортивной подготовки.

Литература

1. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в Олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – М.: Советский спорт. – 2005. – 820 с.
2. Погосян Т.А., Рубинштейн И.А., Погосян М.М. Инновационная методика комплексного мониторинга функциональной тренированности юных спортсменов с использованием компьютерных технологий // Подготовка высококвалифицированных спортсменов-тяжелотлетов на современном этапе: мат-лы II Всерос. научно-практ. конфер. с между. участ. – Малаховка, 22–23 декабря 2022 года / Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка, 2022. – С. 91–96.
3. Погосян, Т.А. Инновационная программа комплексного мониторинга функциональной тренированности спортсменов «Чемпион» с использованием компьютерных технологий / Т.А. Погосян, И.А. Рубинштейн, М.М. Погосян // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 79–88.
4. Самсонова, А.В. Влияние тренировки с большими отягощениями на гипертрофию скелетных мышц человека / А.В. Самсонова // Труды кафедры биомеханики: сборник статей НГУ им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – Вып. 3. – С. 8–16.
5. Сонькин, В.Д. Возрастное развитие тканевых источников энергообеспечения мышечной функции / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева, Г.М. Маслова // Вестник спортивной науки. – 2009. – № 6. – С. 32–38.
6. Тамбовцева, Р.В. Влияние различных типов мышечных волокон на спортивный результат у легкоатлетов и конькобежцев / Р.В. Тамбовцева // Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире: мат-лы XXVII между. научно-практ. конфер. по проблемам физического воспитания учащихся. – Коломна, 2017. – С. 102–105.
7. Трофимов, А.М. Факторы, обуславливающие влияние мышечной композиции на достижения в спорте / А.М. Трофимов, Е.В. Карташова, А.Ю. Кравцов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 3 (181). – С. 443–447.
8. Шишкина, А.В. Биодинамическая оценка мышечной композиции / А.В. Шишкина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 11. – С. 108–111.
9. Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles / C. Bosco, P.V. Komi, J. Tihanyi, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1983. – Vol. 51 (1). – Pp. 129–135.
10. Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius / R.E. Burke, D.N. Levine, P. Tsaris, et al. // Journal of Physiology. – 1973. – Vol. 234. – Pp. 723–748.
11. Ramírez-Vélez, R., et al. Vertical jump and leg power normative data for colombian schoolchildren aged 9–17.9 years // Journal of strength and conditioning research. – 2017. – No. 31 (4). – Pp. 990–998.
12. Canavan, P.K., Vescovi, J.D. Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2004. – No. 36 (9). – Pp. 1589–1593.



References

1. Platonov, V.N. (2005), *The system of training athletes in Olympic sports. General theory and its practical applications*, Moscow: Sovetskiy sport, 820 p.
2. Pogosyan, T.A., Rubinshteyn, I.A. and Pogosyan, M.M. (2022), Innovative method of complex monitoring of the functional fitness of young athletes using computer technology, In: *Training of highly qualified weightlifters at the present stage: materials II All-Russian scientific and practical conference with international participation. Malakhovka, December 22–23, 2022*, Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Culture, pp. 91–96.
3. Pogosyan, T.A., Rubinshteyn, I.A. and Pogosyan, M.M. (2023), Innovative program for complex monitoring of the functional fitness of athletes “Champion” using computer technology, *Nauka i sport: sovremennye tendencii*, vol. 11, no. 1, pp. 79–88.
4. Samsonova, A.V. (2009), The effect of training with heavy weights on hypertrophy of human skeletal muscles, In: *Trudy kafedry biomehaniki: sbornik statej NGU imeni P.F. Lesgafta*, issue 3, pp. 8–16.
5. Sonkin, V.D., Tambovtseva, R.V. and Maslova, G.M. (2009), Age-related development of tissue sources of energy supply for muscle function, *Vestnik sportivnoy nauki*, no. 6, pp. 32–38.
6. Tambovtseva, R.V. (2017), Influence of different types of muscle fibers on sports results in athletes and skaters, In: *Man, health, physical culture and sport in a changing world: materials of the XXVII international scientific and practical conference on the problems of physical education of students*, Kolomna, pp. 102–105.
7. Trofimov, A.M., Kartashova, E.V. and Kravtsov, A.Yu. (2020), Factors that determine the influence of muscle composition on achievements in sports, *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, no. 3 (181), pp. 443–447.
8. Shishkina, A.V. (2008), Biodynamic assessment of muscle composition, *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, no. 11, pp. 108–111.
9. Bosco, C., Komi, P.V., Tihanyi, J., et al. (1983), Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles, *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, vol. 51 (1), pp. 129–135.
10. Burke, R.E., Levine, D.N., Tsaris, P., et al. (1973), Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius, *Journal of Physiology*, vol. 234, pp. 723–748.
11. Ramirez-Vélez, R. et al. (2017), Vertical jump and leg power normative data for Colombian schoolchildren aged 9–17.9 years, *Journal of strength and conditioning research*, no. 31 (4), pp. 990–998.
12. Canavan, P.K. and Vescovi, J.D. (2004), Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, no. 36 (9), pp. 1589–1593.

