

## Некоторые закономерности многолетней динамики скоростно-силовой подготовленности спортсменов

Ю. В. ВЕРХОШАНСКИЙ

Государственный Центральный ордена Ленина институт физической культуры

В. Г. СЕМЕНОВ

Смоленский государственный институт физической культуры

Проблема. В качестве одного из условий, определяющих задачи, средства и методы специальной силовой подготовки, выступают закономерности, присущие функциональной специализации двигательного аппарата спортсмена<sup>1</sup>. В статье рассматриваются изменения в качественной специфике скоростно-силовой подготовленности женщин-спринтеров в связи с ростом спортивного мастерства и вытекающие отсюда задачи специальной подготовки.

Методика. У начинающих (результат в беге на 100 м 16,5—12,8 сек.,  $n=40$ ) и квалифицированных (результат 12,7—11,5 сек.,  $n=40$ ) спортсменок с помощью тензодинамометра были зарегистрированы величина максимального изометрического напряжения и кривая  $F(t)$  взрывного изометрического усилия при сгибании и разгибании бедра и голени (суставные углы соответственно 210 и 90°), а также при тыльном и подошвенном сгибании стопы (угол 90°) правой и левой ноги. Для оценки способности к быстрой проявлению двигательного усилия по кривой  $F(t)$  рассчитаны отношения максимального и половинного значений силы ко времени, затраченному на их достижение. При интерпретации результатов исследования предполагалось, что

первое отношение  $I = \frac{F_{\max}}{t_{\max}}$  (именуемое в

дальнейшем  $I$ -градиент) характеризует взрывную силу мышц, а второе отношение

$$Q = \frac{\frac{1}{2} F_{\max}}{\frac{1}{2} t_{\max}} \quad (Q\text{-градиент})$$

стартовую силу мышц, т. е. способность мышц к быстрому наращиванию усилия в начале рабочего напряжения<sup>2</sup>.

Фактический материал анализировался по эмпирическим и теоретическим графикам динамических характеристик ( $y$ ), построенным относительно результата в беге на 100 м ( $x$ ), а также посредством корреляционного, регрессионного и факторного анализа комплекса характеристик каждой группы спортсменок. В обработку брались средние значения характеристик для правой и левой ноги.

Результаты. Тенденция изменения динамических характеристик исследуемых групп мышц в связи с ростом мастерства спортсменок очевидна из эмпирических графиков  $F_{\text{отн.}}(t)$ ,  $Q(t)$  и  $I(t)$  (рис. 1). Для дальнейшего обсуждения отметим следующее. Относительная сила мышц-разгибателей значительно выше, чем сгибателей, и более интенсивно увеличивается на этапе высшего спортивного мастерства. Графики градиентов силы по времени отличаются большей криволинейностью, чем графики относительной силы, особенно для четырех групп мышц: всех разгибателей нижних конечностей и сгибателей бедра. Для этих групп мышц характерен интенсивный прирост значений градиентов, начинающийся в тот момент, когда спортсменки показывают результат в беге на 100 м в диапазоне от 14,5 до 13,5 сек. Следует отметить также, что прирост значений  $I$ -градиента обнаруживается с самого начала тренировки в спринтерском беге, т. е. одновременно с ростом спортивного результата и силы мышц. Значения же  $Q$ -градиента, вначале очень низкие и мало изменяющиеся, затем резко возрастают, особенно для подошвенных сгибателей стопы и разгибателей бедра. Величины относительного прироста скоростно-силовых характеристик в процентах от исходного уровня приведены в табл. 1.

В динамике значений градиентов следует обратить внимание еще на две особенности: во-первых, на замедление темпа их прироста на этапе высшего спортивного мастерства; во-вторых, на гетерохронность моментов, соответствующих началу интенсивного прироста  $Q$ -градиента некоторых

<sup>1</sup> См. «Теор. и практ. физ. культ.», 1970, № 6, стр. 10.

<sup>2</sup> См. «Теор. и практ. физ. культ.», 1968, № 8, стр. 59.

групп мышц. Первыми этот момент обнаруживают подошвенные сгибатели стопы, затем разгибатели и, наконец, сгибатели бедра.

С помощью регрессионного анализа в двух группах испытуемых исследовался

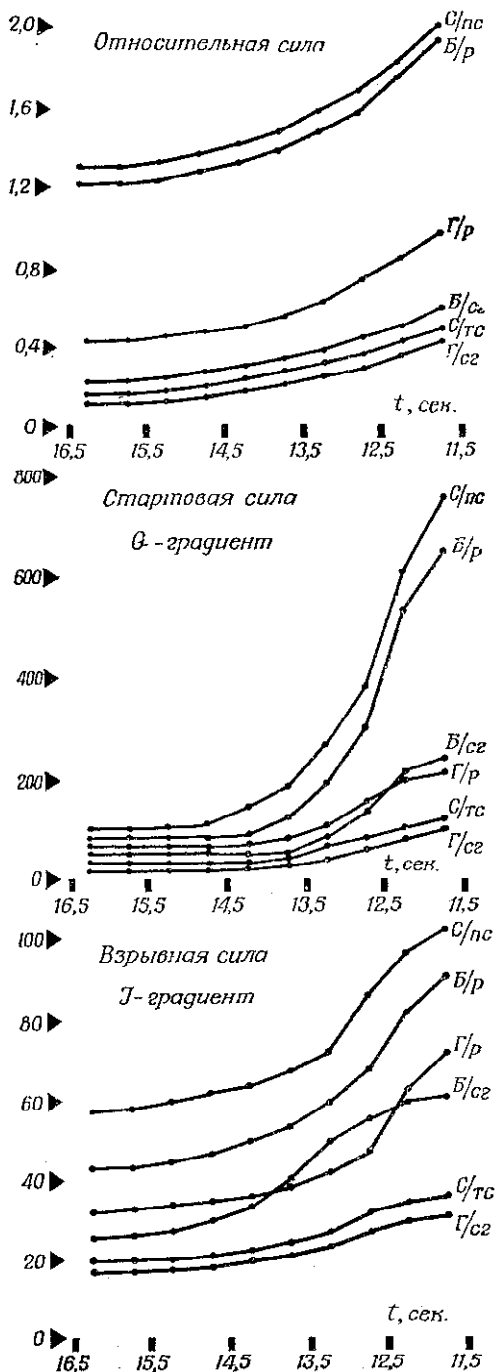


Рис. 1. Тенденции изменения значений относительной, стартовой и взрывной силы мышц в связи с ростом мастерства женщин-спринтеров. Б — бедро, Г — голень, С — стопа, сз — сгибание, р — разгибание, тс — тыльное сгибание

темп прироста суммарных значений относительной силы ( $F_{отн.}$ ) и способности к быстрой проявлению усилия (Q- и I-градиенты) сгибателей и разгибателей нижних конечностей, а также четырех групп мышц (разгибатели бедра и голени, подошвенные сгибатели стопы и сгибатели бедра). Результаты анализа сведены в табл. 2 в виде коэффициентов регрессии, рассчитанных в натуральном (числитель) и стандартизованном (знаменатель) масштабах. Первые выражают темп прироста оцениваемой характеристики в единицах ее измерения, вторые — в долях ее собственного стандартного отклонения ( $\beta$ -коэффициенты). Тем самым получаем возможность сравнить темпы абсолютного прироста каждой характеристики в выделенных функциональных комплексах мышц, а также сопоставить между собой темпы прироста всех характеристик, выраженных разными единицами измерения. Если учесть, что в условиях простой регрессии  $\beta$ -коэффициент численно равен коэффициенту корреляции, то значения знаменателя таблицы являются также и оценкой тесноты связи между соответствующей динамической характеристикой и результатом в беге на 100 м.

В работе произведена оценка и темпа изменения составляющих ( $F$  и  $I$ ) градиентов силы относительно значений последних. В этом случае установлено, что по мере увеличения градиента его временная составляющая ( $t$ ) изменяется более интенсивно, чем динамическая ( $F$ ). Например, для разгибателей бедра  $\beta$ -коэффициенты равны соответственно  $-0,665$  и  $0,385$  для Q градиента и  $-0,742$  и  $0,275$  для I-градиента. Заслуживают упоминания также и наблюдения динамики значений градиентов относительно силы мышц (рис. 2). Во всех случаях значения I-градиента увеличиваются сразу с ростом относительной силы мышц, в то время как увеличение Q-градиента начинается несколько позже.

Статистический анализ обнаружил уменьшение вариативности всех оцененных в исследовании динамических характеристик с ростом мастерства спортсменов. Величина коэффициента вариации ( $V\%$ ) для показателей относительной силы четырех ведущих групп мышц (11,3 у начинающих и 6,5 у

Таблица 1  
Величины прироста относительной, взрывной и стартовой силы мышц, %

Группы мышц	Относительная сила, $F$	Взрывная сила, $I$	Стартовая сила, $Q$
Подошвенные сгибатели стопы	55	87	744
Разгибатели бедра	65	111	753
Сгибатели бедра	190	152	666
Разгибатели голени	119	141	300
Тыльные сгибатели стопы	220	85	346
Сгибатели голени	210	100	566

Таблица 2

Коэффициенты регрессии силовых показателей на результат в беге на 100 м

Функциональные комплексы мышц	Относительная сила, $F_{отн.}$		Стартовая сила, $Q$ -градиент		Взрывная сила, $I$ -градиент	
	1	2	1	2	1	2
Разгибатели	-0,46	-0,54	-7,94	-52,62	-20,41	-49,01
	-0,419	-0,497	-0,383	-0,574	-0,231	-0,420
Сгибатели	-0,117	-0,179	-2,14	-14,71	-7,89	-21,85
	-0,220	-0,260	-0,240	-0,245	-0,190	-0,280
Ведущая группа мышц	-0,471	-0,571	-10,38	-58,86	-16,63	-48,51
	-0,535	-0,704	-0,300	-0,950	-0,342	-0,473

Примечание. В числителе коэффициенты регрессии в натуральном ( $b_{yx}$ ), в знаменателе в стандартизованном ( $\beta_{yx}$ ) масштабе. 1 — начинающие, 2 — квалифицированные спринтеры.

квалифицированных спортсменов) меньше, чем для значений градиентов (соответственно  $Q$ -градиент 17,4 и 15,1 и  $I$ -градиент 24,4 и 15,5).

Для факторного анализа были отобраны результаты в беге и суммарные значения относительной силы,  $Q$ - и  $I$ -градиентов сгибателей и разгибателей. В этом комплексе характеристики выделились два ортогональных фактора (табл. 3), вклад которых в обобщенную дисперсию выборки составил: в группе начинающих 53,0% (по факторам 40,3 и 12,7%) и квалифицированных спортсменов 52,8% (по факторам 42,2 и 10,6%). Исходя из значений факторных весов, первый из них может быть идентифицирован как фактор скоростно-силовой подготовленности разгибателей, второй — как фактор скоростно-силовой подготовленности сгибателей опорно-двигательного аппарата. Результаты в спринтерском беге имеют наибольшую нагрузку на первом факторе. Следует отметить, что с ростом спортивного мастерства:

существенно возрастают факторные веса результатов в беге и значений  $Q$ - и  $I$ -градиентов разгибателей,

уменьшаются факторные веса относительной силы разгибателей,

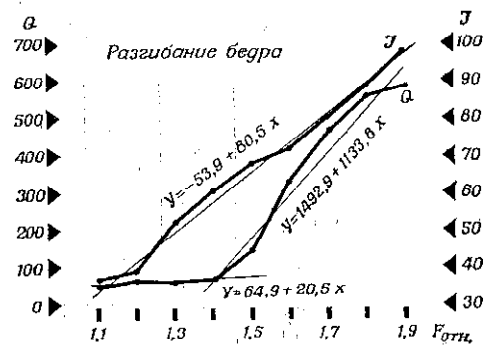


Рис. 2. Связь между значениями  $I$ - и  $Q$ -градиентов и относительной силой ( $F_{отн.}$ ) мышц-разгибателей бедра

факторный вес характеристик сгибателей изменяется незначительно, вклад первого фактора в обобщенную дисперсию выборки возрастает.

Обсуждение. Результаты исследования в целом дают определенное представление о закономерностях функциональной специализации опорно-двигательного аппарата женщин-спринтеров с ростом их мастерства в условиях естественной тренировки. Имеет смысл рассмотреть эти закономерности в связи с двигательной спецификой спринтерского бега.

Поступательное движение тела спортсмена при скоростном беге осуществляется за счет мощного разгибательного усилия опорной ноги и активного выноса вперед свободной (маховой) ноги. При таком режиме работы опорно-двигательного аппарата преимущественные условия для своего функционального совершенствования получают четыре группы мышц: разгибатели нижних конечностей в тазобедренном и коленных суставах, подошвенные сгибатели стопы и сгибатели в тазобедренных суставах. Процесс качественного совершенствования этих групп мышц (назовем их ведущими) протекает с определенной закономерностью. Сразу с началом тренировки начинает увеличиваться сила мышц и как следствие этого показатели взрывной силы, оцениваемой  $I$ -градиентом. Затем, вероятно с увеличением объема интенсивного скоростного бега, бурно прогрессирует способность мышц к быстрому развитию двигательного усилия в начальный момент рабочего напряжения мышц (т. е. стартовая сила мышц, оцениваемая в пределах нашего исследования  $Q$ -градиентом). Это, в свою очередь, приводит к сокращению времени, затрачиваемого на достижение максимальных значений силы, и способствует дальнейшему увеличению значений  $I$ -градиента.

Важно отметить, что рост значений градиентов у исследуемого контингента спортсменов мало связан с приростом силы. Это особенно характерно для  $Q$ -градиента. Следовательно, совершенствование способности к быстрому проявлению рабочего усилия у

Факторные веса (после ротации)\*

Характеристики	Начинающие		Квалифицированные		
	I	II	I	II	
Бег 100 м	-649	154	-837	084	
Бег 30 м	-690	142	-814	136	
Относительная сила	{ сгибателей	269	574	280	573
	{ разгибателей	747	135	579	175
Стартовая сила	{ сгибателей	213	614	255	698
	{ разгибателей	671	276	796	130
Взрывная сила	{ сгибателей	123	618	260	594
	{ разгибателей	546	321	642	187

\* Нули и запятые в таблице опущены.

спринтеров связано в большей мере с сокращением времени проявления необходимых значений силы и в меньшей мере — с ростом самой силы.

Показательно, что с ростом мастерства резко возрастает корреляция между значениями  $Q$ -градиента ведущих групп мышц и результатами спринтерского бега (см. табл. 2). Видимо, это не случайно. Дело в том, что длительность опорно-толчковой фазы в скоростном беге равна в среднем 0,10 сек., а время, необходимое для достижения максимума силы и его половинного значения, составляет соответственно 0,5—0,7 и 0,10—0,15 сек. Отсюда можно полагать, что в условиях скоростного бега спринтер практически не успевает проявить потенциально возможный максимум двигательного усилия. Поэтому для него способность быстро развить полезную внешнюю силу, численно меньшую той, на которую он способен (стартовая сила мышц), но достаточно эффективную для выполнения отталкивания, гораздо важнее, чем способность к быстрому проявлению потенциального максимума силы (взрывная сила) в условиях, когда время для этого не лимитировано

столь строго, как в скоростном беге. Дополнительные аргументы в пользу рассмотренного положения содержатся в результатах факторного анализа динамических характеристик сгибателей и разгибателей (см. табл. 3). Легко видеть, что с ростом мастерства спортсменок роль силы разгибателей снижается (факторные веса 0,747 и 0,579), а способность к быстрому проявлению силы (оцениваемой главным образом  $Q$ -градиентом), наоборот, возрастает (факторные веса 0,671 и 0,796).

Таким образом, закономерности качественного совершенствования способности к быстрому проявлению двигательного усилия, которая в естественных условиях тренировки спринтеров обусловлена двигательной спецификой скоростного бега, можно обобщенно выразить принципиальной схемой, приведенной на рис. 3. Вначале происходит сокращение времени проявления рабочего усилия при некотором увеличении максимума последнего (развивается главным образом взрывная сила мышц). На схеме это выражено сдвигом от графика 1 к графику 2. Затем процесс совершенствования продолжается в основном за счет более интенсивного наращивания значений силы с началом напряжения мышц (развивается преимущественно стартовая сила мышц). При этом происходит дальнейшее сокращение времени развития максимума двигательного усилия и некоторое увеличение последнего (сдвиг от графика 2 к графику 3).

Если теперь учесть, что способности, оцениваемые стартовой и взрывной силой, качественно различны и относительно независимы в своем развитии<sup>1</sup>, то следует признать, что первая из них — специфическое приобретение двигательного аппарата спортсмена в процессе многолетней тренировки в скоростном беге и поэтому не случайно обнаруживает наибольший относительный прирост (см. табл. 1). Отсюда уровень развития именно стартовой силы мышц следует рассматривать существенным критерием оценки специальной скоростно-силовой подготовки спринтера.

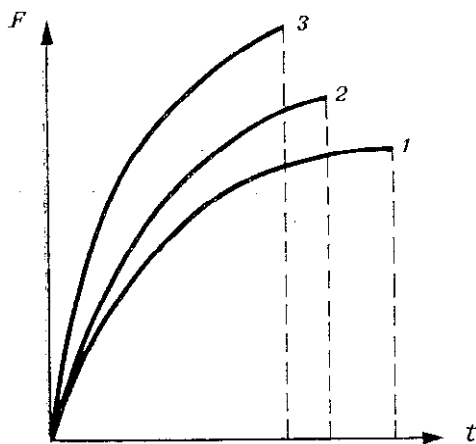


Рис. 3. Тенденция изменения характера кривой  $F(t)$  на участке развития максимума с ростом мастерства спринтеров (схема)

<sup>1</sup> См. «Теор. и практ. физ. культ.», 1968, № 8, стр. 59.

Если исходить из сравнения данных вариационного анализа значений силы и градиентов силы (по оценкам коэффициента вариации), то можно утверждать, что сила представляет собой более устойчивую характеристику работоспособности мышц спринтера. Большая же величина коэффициента вариации для значений градиентов, и особенно незначительное изменение в результате тренировки этой величины для  $Q$ -градиента, позволяет предположить, что стартовая сила мышц в значительной мере связана с индивидуальными свойствами нервно-мышечного аппарата спортсменов.

Зависимость специфики и темпа функционального совершенствования опорно-двигательного аппарата от режима его работы в условиях скоростного бега проявляется в определенной гетерохронности (несовпадении) моментов, соответствующих началу интенсивного прироста значений  $Q$ -градиента для ведущих групп мышц (см. рис. 1). С началом тренировки в беге наиболее интенсивную в сравнении с другими мышцами нагрузку испытывают подошвенные сгибатели стопы. Поэтому они первыми обнаруживают наличие специфических функциональных сдвигов, выраженных в приросте значений  $Q$ -градиента. Последующее затем увеличение мощности разгибательного усилия при отталкивании вовлекает в сферу интенсивных приспособительных перестроек и мышцы-разгибатели тазобедренного и коленного суставов. Следует подчеркнуть, что работа этих трех групп мышц направлена против силы тяжести и инертного сопротивления всего тела спортсмена. Это, естественно, требует от последних значительных напряжений, что более активно стимулирует процесс функционального совершенствования его организма. В ином положении находятся сгибатели бедра. Эти мышцы встречают противодействие только со стороны силы тяжести и инертного сопротивления вращению массы одной ноги и, следовательно, имеют меньшие предпосылки для своего функционального совершенствования. Поэтому они значительно уступают разгибателям как в силе, так и в уровне развития способности к быстрой проявлению двигательного усилия. Вместе с тем они позже обнаруживают сдвиги в значениях  $Q$ -градиента и отличаются менее интенсивным приростом последнего.

Факт избирательной специализации двигательного аппарата в связи с режимом его работы в условиях скоростного бега отражен также и в итогах факторного анализа (см. табл. 3). Его результаты свидетельствуют о том, что функциональное совершенствование сгибателей и разгибателей у спринтеров протекает независимо и что второе в силу своей преимущественной роли в осуществлении отталкивания отличаются более высоким уровнем скоростно-силовой подготовленности.

Наконец, отметим еще одну важную деталь. Эмпирические графики регрессии характеристик скоростно-силовой подготовленности мышц опорного аппарата (см. рис. 1) свидетельствуют, что на этапе высшего спортивного мастерства, несмотря на прогрессирующий прирост силы, совершен-

ствование способности ведущих групп мышц (особенно сгибателей бедра) к быстрому проявлению двигательного усилия замедляется. Этот факт следует расценивать как свидетельство существенного недостатка современной методики скоростно-силовой подготовки женщин-спринтеров. Можно полагать, что устранение его за счет разработки и внедрения в практику эффективного комплекса специальных средств поможет существенно усовершенствовать систему подготовки спринтеров. Однако необходимо подчеркнуть, что проведенное исследование не исчерпывает еще всей полноты проблемы, связанной с совершенствованием методики скоростно-силовой подготовки спринтеров. В работе наблюдалась способность спортсменок только к однократному силовому проявлению. В то же время для спринтера не менее важна способность к эффективным мышечным напряжениям повторного характера, следующим с определенной частотой. Поэтому продолжение исследований в этом направлении с учетом результатов данной работы может выступить в качестве одного из решающих факторов в деле решения проблемы совершенствования методики подготовки спринтеров.

Выводы и рекомендации

1. Функциональное совершенствование рабочего аппарата спринтеров в ходе многолетней тренировки отличается определенной закономерностью, обусловленной характером внешних взаимодействий спортсмена в условиях скоростного бега и изменением этого характера с ростом мастерства.

2. На начальном этапе тренировки совершенствование уровня скоростно-силовой подготовленности спринтера происходит преимущественно на основе роста силы мышц и способности к быстрому развитию ее максимума (взрывная сила). Однако с изменением режима работы двигательного аппарата, выражающимся в нарастании мощности рабочих усилий и сокращении времени каждого бегового цикла, роль силы становится менее существенной, зато возрастает роль способности мышц к быстрому проявлению эффективной силы с началом рабочего напряжения мышц (стартовая сила).

3. Уровень развития стартовой силы мышц следует рассматривать в качестве одного из важнейших критериев оценки специальной скоростно-силовой подготовленности спринтера.

4. В связи с различной интенсивностью функционирования в условиях скоростного бега ведущие группы мышц спринтера (разгибатели тазобедренного и коленного суставов, подошвенные сгибатели стопы и сгибатели бедра) имеют неравноценные возможности для своего совершенствования в скоростно-силовом плане. Эти возможности наиболее благоприятны для разгибателей в тазобедренных суставах и подошвенных сгибателей стопы (которые и обнаруживают более высокий темп функционального совершенствования) и менее благоприятны для разгибателей коленного и сгибателей тазобедренного суставов (темпы функционального совершенствования которых значительно ниже).

5. Изменение условий работы двигательного аппарата в связи с постепенным повышением скорости спринтерского бега приводит к изменению роли отдельных ведущих групп мышц в осуществлении отталкивания и как следствие к несогласованному во времени началу их интенсивной функциональной специализации. Первыми этот момент обнаруживают подошвенные сгибатели стопы, затем разгибатели в тазобедренных суставах и последними — разгибатели коленного сустава и сгибатели бедра.

6. Наиболее отстающими как в уровне, так и в темпе совершенствования скоростно-силовых способностей у женщин-спринтеров являются сгибатели бедра.

7. Отмечено, что на этапе высшего мастерства, несмотря на интенсивный прирост силы, совершенствование скоростно-силовых способностей женщины-спринтеров (оцениваемых показателями взрывной и стартовой силы) замедляется.

8. С учетом результатов проведенного исследования задачи и методика скоростно-силовой подготовки спринтеров должны предусматривать следующее:

а) широкое использование специализированных средств скоростно-силовой подготовки уже на начальном этапе тренировки спринтеров;

б) разработку и внедрение в практику тренировки квалифицированных спринтеров более эффективных средств скоростно-силовой подготовки;

в) средства, разработанные с учетом двигательной специфики и динамики движений спринтера соответствующей квалификации; они должны способствовать:

— направленному развитию стартовой силы ведущих групп мышц;

— своевременному и согласованному началу функциональной специализации ведущих групп мышц, предвосхищающему момент, когда в этом возникает объективная необходимость, вызванная неуклонно повышающейся интенсивностью скоростного бега;

— устранению несоответствия по степени интенсивности функционирования ведущих групп мышц в условиях скоростного бега за счет повышенной адекватной нагрузки на отстающие в темпах своего совершенствования группы мышц, особенно сгибатели бедра;

— исключению явления замедления темпа совершенствования скоростно-силовых способностей ведущих групп мышц на этапе высшего мастерства.