

0.25 ✓
9

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

На правах рукописи

РИАД АЛИ АЛЬ РАБИ
(Ирак)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО
АППАРАТА У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

03.00.13 - Физиология человека и животных

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва - 1985

324

Работа выполнена в Государственном Центральном ордена
Ленина институте физической культуры.

Научный руководитель: доктор медицинских наук,
профессор Я.М.КОЦ

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор В.К.БАЛЬСЕНИЧ
кандидат медицинских наук, ст.н.с. А.В.СВЯННИКОВ

Ведущее учреждение - Институт физиологии детей и подро:т-
ков АПН СССР (г.Москва).

Защита диссертации состоится " 19 " 04 1985 г.
в " 14 " часов на заседании специализированного совета
Д.046.01.01 в Государственном Центральном ордена Ленина институ-
те физической культуры по адресу: Москва, Сиреневый бульвар, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 2 " 07 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Скородумова А.П.

БИБЛИОТЕКА
Львовская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При изучении основных двигательных (физических) качеств человека — мышечной силы, скорости и выносливости — регистрируются (проявляются) соответствующие интегральные показатели (сила, скоростно-силовые способности, выносливость), которые определяются как особенностями центральной моторной "команды", т.е. характером центрально-нервного управления периферическим нервно-мышечным аппаратом (НМА), так и собственными свойствами этого аппарата и прежде всего собственно-сократительными свойствами мышц, отвечающих на эту "команду".

В исследованиях на животных выяснено, что функциональные свойства мышц в значительной степени определяются их композицией, т.е. соотношением в мышцах медленных и быстрых мышечных волокон /Clove R. , 1972 ; Kugelberg E. , 1973 ; Burke R.E. , 1973 , 1974/ и что эти свойства могут в определенной степени специфически изменяться под влиянием разных форм мышечной тренировки /Pitts R.H. , et al., 1977 ; Clarkson P.M., 1982/. В исследованиях последних лет у человека с помощью метода игльчатой биологии и гистохимического определения активности ферментов-маркеров обнаружена высоко специфическая композиция мышц у выдающихся спортсменов разных спортивных специальностей /Edström L. , 1972 ; Gollnick P.D. , 1972, 1973 ; Thorstensson A. , 1976 ; Green H.J. , 1979/. Вместе с тем функциональные (сократительные) свойства периферического НМА были пока предметом очень небольшого числа исследований у специально тренирующихся животных и лишь отдельных фрагментарных исследований у спортсменов /Абселямов Г.М., 1976 ; Thorstensson A. , 1976 ; Замостьян В.П., 1976 ; Коц Я.М., 1979 ; Коряк Ю.А., Кошелева Л.И., 1980 ; Болховских Р.Н., 1982; Зимкин Н.В., 1982/. Наиболее систематически этот вопрос начал изучаться

в последние годы в лаборатории проф. Я. М. Коца. В диссертационном исследовании аспиранта Ю. А. Коряка (1984) определены силовые, скорости и скоростно-силовые свойства периферического НМА двух разных мышечных групп (сгибателей и разгибателей голени) у представителей видов спорта, предъявляющих очень разные требования к этим функциональным свойствам НМА (спринтеры, стайеры и тяжелоатлеты). Наше исследование служит продолжением исследования Ю. А. Коряка с расширением спортивных специализаций и функциональных показателей НМА и проведением факторного анализа корреляционных связей между различными функциональными свойствами НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации.

Цель и общий план исследования. Основная цель настоящего исследования - получить количественную характеристику основных функциональных свойств НМА (силу, скорости, скоростно-силовых свойств и выносливости) у спортсменов разных специализаций и квалификации и таким образом выяснить, какими особенностями обладает периферический НМА у человека, адаптированного к различным видам спортивной мышечной деятельности.

Количественное изучение функциональных свойств периферического НМА у человека становится возможным благодаря применению метода вызванного сокращения мышц путем их непрямого (через нерв), тетанического или одиночного раздражений с регистрацией электрических и механических) сократительных ответов одной и той же мышцы (мышц). При этом электрический и механический ответы мышцы (мышц) - их сила, скорость и выносливость - при вызванном сокращении определяются выбранными параметрами электрического раздражения и зависят от собственно функциональных свойств периферического НМА, но не зависят, как в случае естественной произвольной активации мышц, от характера центрально-нервной импульсации спинальных мотонейронов (центральной двигательной "команды").

Сравнение показателей электрически вызванного сокращения и произвольного сокращения одной и той же мышцы (мышцы) позволяет в определенной степени судить об особенностях "вклада" центрально-нервного управления мышцами в проявляемые спортсменами основные двигательные (физические) качества - силу, быстроту и выносливость - при естественных произвольных движениях (тестах). Иначе говоря, такое сопоставление дает некоторую возможность изучать как специфические свойства исполнительного периферического НМА, так и особенности центрально-нервных команд, формируемые в процессе тренировки (или при естественном отборе к разным формам спортивной деятельности), предъявляющих в разных видах спорта неодинаковые специфические требования к проявлению мышечной силы, скорости и выносливости.

Научная ценность. Впервые применены комплексная экспериментальная методика и факторный анализ для оценки всех основных функциональных свойств НМА (силовых, скоростных, скоростно-силовых и выносливости) у человека. Определены основные функциональные свойства НМА у спортсменов 7 разных специализаций и квалификации и у неспортсменов, выявлена специфическая связь этих свойств со спортивной специализацией и квалификацией. С помощью факторного анализа выделены некоторые независимые мышечные (периферические) и центрально-нервные факторы, которые определяют силовые, скоростные, скоростно-силовые возможности и мышечную выносливость у спортсменов и неспортсменов.

Практическая ценность. Разработанная комплексная методика позволяет дать всестороннюю характеристику функциональных свойств и состояния НМА у человека, что может быть использовано в практике для разовой и текущей диагностики НМА у здорового человека в процессе занятий физической культурой и спортом, а также в клинике заболеваний НМА. Полученные показатели функциональных свойств

НМА могут использоваться как нормативные в системе спортивного отбора и ориентации в ДЮСШ.

Объем и структура диссертации. Работа изложена на страницах машинописного текста, состоит из 4-х глав (литературный обзор, цель, задачи и методы исследования, собственные результаты и обсуждение результатов), выводов и списка литературы (48 отечественных и 137 зарубежных источников).

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с основной целью в настоящем исследовании решались следующие конкретные задачи:

- 1) сопоставить силовые свойства НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации;
- 2) сопоставить скоростные свойства НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации;
- 3) сопоставить скоростно-силовые свойства НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации;
- 4) сопоставить работоспособность (выносливость) НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации;
- 5) установить факторную структуру показателей функциональных свойств НМА у спортсменов разных специализаций и квалификации.

Объектом исследования была выбрана трехглавая мышца голени (ТМГ).

Методика тестирования. Вызванное (непроизвольное) сокращение ТМГ вызывалось путем электрической стимуляции болз леберцового нерва в подколенной ямке, для чего использовали отечественный стимулятор ЭСУ-1 с изолирующей приставкой. Параметры стимулирующего тока - прямоугольные импульсы длительностью 1 мс, сила тока - супрамаксимальная (на 30-40% выше необходимой для регистра-

ции максимального М-ответа ТМГ), частота - 1 импульс при вызове одиночного сокращения, 150 имп/с при вызове тетанического сокращения ТМГ и парное раздражение с межимпульсным для интервалов 20, 15, 10, 7, 5, 4 и 3 мс.

Методика регистрации. Для регистрации изометрического сокращения ТМГ применяли тендографическую методику, позволяющую регистрировать сокращение ТМГ по степени натяжения ахиллова сухожилия /Коц и др., 1976/. В настоящем исследовании была использована тендографическая установка, сконструированная Ю.А.Коряком. Электрические М-ответы при вызванном сокращении регистрировали с помощью bistочного усилителя УН-1-02 с катодным псевдобителем на 12-канальном электромиографе (тип К-115).

Параметры для оценки функциональных свойств НМА. Силовые свойства оценивали по: 1) максимальной силе одиночного сокращения (F_{0c}), 2) максимальной силе (МС) тетанического вызванного сокращения, 3) максимальной произвольной силе (МПС), регистрируемой при попытке исследуемого максимально сильно произвольно сократить исследуемую мышцу и 4) величине силового дефицита (СД), определяемой как выраженная в процентах разность между МС и МПС, отнесенная к МС. Это показывает на степень совершенства центрально-нервного управления мышечным аппаратом /Коц, 1975/.

Скоростные свойства НМА характеризовались временными параметрами одиночного вызванного сокращения ТМГ: 1) временем одиночного сокращения (t_{0c}) - интервалом времени от момента раздражения нерва до момента достижения максимума силы одиночного сокращения, 2) временем первого полурасслабления ($t_{I/2}$) - временем от максимума до момента снижения напряжения при одиночном сокращении наполовину, 3) временем второго полурасслабления ($t_{I-I/2}$) - временным интервалом от момента расслабления одиночного сокращения наполовину до момента полного расслабления,

4) временем общей продолжительности одиночного сокращения (T_{00}). Кроме того, использовали еще два показателя, характеризующие скоростные свойства НМА: 1) длительность плато "активного состояния", определяемая путем парного раздражения по наибольшему временному интервалу между двумя стимулами ($T_{дв}$), при котором достигалась наибольшая амплитуда суммированного (второго) механического ответа ТМГ (Коц, Коряк, 1982); 2) тетанический индекс (ТИ) - отношение максимальной силы одиночного сокращения к максимальной силе тетанического сокращения (МС).

Скоростно-силовые свойства НМА определяли по скорости нарастания (градиенту) изометрического тетанического сокращения ТМГ. По тендограмме вызванного тетанического сокращения рассчитывали время достижения напряжения в 25% (T_{25}), 50% (T_{50}), 75% (T_{75}) и 90% (T_{90}) от МС. Аналогично определяли градиенты произвольного сокращения при требовании к исследуемому "сократить максимально быстро и сильно" ($T_{пс}$).

Выносливость (работоспособность) НМА оценивали по степени снижения силы напряжения ТМГ как в условиях ее произвольного, так и электрически вызванного тетанического (50 имп/с) ритмического сокращения. Длительность сокращения - I с чередовали q периодами отдыха также длительностью I с на протяжении 2 мин. Площадь под кривой тендограммы утомления разделили на четыре 30-секундных отрезка, каждый из которых включал 15 сокращений. Силу каждого сокращения выражали в процентах к максимальной силе первого сокращения, а затем рассчитывали средние значения силы 15 сокращений в каждом 30-секундном отрезке. Чем больше оказывался этот показатель в каждом из последующих отрезков, тем соответственно выше работоспособность (выносливость), устойчивость ТМГ к утомлению.

Математико-статистические методы: 1) расчет среднего ариф-

метического, стандартного отклонения, оценка колеблемости признаку по коэффициенту вариации, 2) однофакторный дисперсионный анализ для оценки степени влияния спортивной специализации на функциональные показатели и оценки достоверности различий между группами, 3) корреляционный анализ для оценки степени зависимости между исследуемыми признаками, 4) факторный анализ для оценки факторной структуры исследуемых признаков (показателей).

Контингент исследованных. В исследовании участвовало 57 мужчин-спортсменов разных квалификаций – высшей (мастера спорта международного класса и мастера спорта СССР) и средней (кандидаты в мастера спорта СССР и перворазрядники) и разных специализаций – спринтеры высокой квалификации (6 спортсменов), средней квалификации (10), прыгуны (6), борцы (6) и спортигровики (14), стайеры высокой (6) и средней (9) квалификации, а также группа неспортсменов (20 человек). Возраст исследуемых от 17 до 32 лет.

Выбор спортивных специализаций обусловлен тем, что они предъявляют весьма разные требования к НМА и поэтому представляется возможность изучить специфическое влияние разных видов тренировки на НМА.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НМА У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ И КВАЛИФИКАЦИИ

Силовые показатели. Коэффициенты вариаций силовых показателей находятся в пределах от 12,7 до 32,8%, что указывает на большие индивидуальные различия этих показателей внутри групп. У всех групп исследованных, кроме спринтеров высокой квалификации, коэффициенты вариации средних показателей МПС выше, чем МС. Особенно высокие значения коэффициентов вариации получены в отношении "силового дефицита". Результаты дисперсионного анализа показывают, что при имеющемся подборе групп спортсменов внутригрупповая вариация слишком высокая по сравнению с межгрупповой.

Как показывает сопоставление средних силовых показателей, наибольшие значения они имеют у спринтеров высокой квалификации (табл. 1). Наоборот, у стайеров высокой квалификации обнаруживаются самые низкие силовые показатели по сравнению с другими группами спортсменов и неспортсменов. За исключением спринтеров высокой квалификации и стайеров высокой и средней квалификации силовые показатели ТМГ в среднем не отличаются от спортсменов других специальностей и неспортсменов.

Таблица 1
Статистические характеристики показателей мышечной силы
(в усл. ед.) у спортсменов различных специализаций

Спор- тивная специали- зация	F_{00} $\bar{X} \pm \sigma$	МС $\bar{X} \pm \sigma$	МПС $\bar{X} \pm \sigma$	СД (%) $\bar{X} \pm \sigma$
Спринтеры высокой квалификации	13,68±2,13	68,25±14,05	51,78±10,38	23,2±15,4
Спринтеры средней квалификации	12,22±3,96	61,30±7,80	42,16±9,97	31,8±8,5
Прыгуны	11,83±2,92	63,98±13,69	46,03±12,31	28,2±11,4
Борцы	12,34±3,00	61,17±9,63	45,55±7,81	25,0±9,9
Спортигровики	11,95±2,38	58,90±16,67	44,86±13,44	29,1±9,7
Стайеры высокой квалификации	10,88±3,28	50,38±6,55	35,77±6,63	28,5±11,1
Стайеры средней квалификации	10,97±3,27	69,69±18,38	50,59±16,60	28,2±15,8
Неспортсмены	10,93±2,57	58,95±9,16	40,93±10,79	30,8±14,5

Скоростные свойства. По временным характеристикам одиночного вызванного сокращения исследуемые группы значительно однороднее, чем по силовым показателям (табл. 2). Большие внутригрупповые неоднородности наблюдаются по величине тетанического индекса (ТИ) и длительности плато "активного состояния". Как следует

Таблица 2

Статистические характеристики временных параметров (в мс) одиночного сокращения, длительности плато "активного состояния" и тетанического индекса ТМГ у спортсменов различных специализаций и неспортсменов

Спор- тивная специали- зация	t_{oc}	T_{oc}	$t_{I/2}$	$t_{I-1/2}$	$T_{дв}$	$TI (\%)$
	\bar{x} $\pm s$					
Спринтеры высо- кой квалификации	101,7 $\pm 4,0$	315,8 $\pm 54,5$	80,2 $\pm 11,8$	134,0 $\pm 54,9$	5,33 $\pm 2,8$	20,2 $\pm 1,6$
Спринтеры сред- ней квалифика-	113,1 $\pm 7,8$	408,3 $\pm 67,3$	87,8 $\pm 12,0$	207,4 $\pm 54,3$	7,10 $\pm 3,9$	20,6 $\pm 7,2$
Прыгуны	109,0 $\pm 12,6$	396,7 $\pm 61,6$	92,5 $\pm 7,5$	195,2 $\pm 48,9$	6,00 $\pm 4,3$	16,8 $\pm 5,1$
Борцы	111,2 $\pm 12,6$	485,0 $\pm 80,5$	91,5 $\pm 15,4$	282,3 $\pm 79,3$	6,50 $\pm 2,4$	20,2 $\pm 4,0$
Спортигровики	114,4 $\pm 11,7$	467,3 $\pm 73,1$	91,0 $\pm 15,3$	261,9 $\pm 74,3$	8,00 $\pm 5,0$	21,3 $\pm 4,4$
Стайеры высокой квалификации	123,2 $\pm 10,7$	441,5 $\pm 41,0$	90,2 $\pm 10,7$	228,2 $\pm 35,5$	4,83 $\pm 2,8$	21,3 $\pm 4,7$
Стайеры средней квалификации	117,9 $\pm 6,1$	485,1 $\pm 74,8$	89,2 $\pm 6,7$	278,0 $\pm 73,1$	7,22 $\pm 4,0$	18,0 $\pm 2,7$
Неспортсмены	111,4 $\pm 9,1$	476,7 $\pm 63,4$	102,0 $\pm 19,0$	263,3 $\pm 67,2$	7,35 $\pm 4,3$	19,0 $\pm 4,0$

Из данных таблицы 2, наименьшая общая длительность одиночного сокращения обнаруживается у спринтеров высокой квалификации. По данному показателю эта группа достоверно отличается от всех остальных групп. Второе место занимает прыгуны и далее спринтеры средней квалификации. Эти группы достоверно отличаются от борцов, спортигровиков, стайеров и неспортсменов. Сходная картина наблюдается и в отношении длительности второй половины фазы полуресслабления; только в этом случае стайеры высокой квалификации также имеют относительно короткое время второй половины этой

фазы, хотя и длиннее, чем у спринтеров и бегунов. Время (достижения максимума) одиночного сокращения также наиболее короткое у спринтеров высокой квалификации, а наиболее длительное — у стайеров высокой квалификации. Остальные группы по этому показателю занимают промежуточное положение и в большинстве случаев достоверно отличаются от двух групп спортсменов высокой квалификации.

По средним значениям тетанического индекса и длительности плато "активного состояния" различий между группами не выявлено (см. табл. 2). Вместе с тем наибольшее значение тетанического индекса установлено у стайеров высокой квалификации, у них же обнаруживается наименьшая длительность плато "активного состояния".

На основании величины факторной доли вариативности и критерия наибольшее влияние спортивная специализация оказывает на полное время одиночного сокращения. В этом случае факторная доля вариативности равна 42,4%, т.е. различия испытуемых по этому показателю объясняются различиями в их спортивной специализации (критерий $F = 7,26$). Достоверные значения критерия F получены также для длительности второй половины расслабления и времени (достижения максимума) одиночного сокращения. Различия исследуемых по этим двум последним показателям соответственно на 36,0% и 22,1% объясняются различиями в их спортивной специализации.

Скоростно-силовые показатели. Средние параметры тетанического вызванного и произвольного сокращений, характеризующие скоростно-силовые свойства ТМГ у спортсменов разных специализаций и у неспортсменов, представлены в таблице 3. Анализ этих данных показывает, что большая однородность времени показателей в группах наблюдается для начального участка развития напряжения (25% и 50% максимального), чем для последующего участка (75% и 90% максимального тетанического напряжения). Однородность исследуемых групп по временным показателям достижения 25% и 50% от мак-

Таблица 3

Статистические временные характеристики (в мс)
вызванного тетанического и произвольного
сокращения

Спор- тивная специа- лизация	Уровень вызванного напряже- ния в % от МС				произвольного в % от МПС	
	25%	50%	75%	90%	25%	50%
Спринтеры высо- кой квалифика- ции	30,7 ±1,2	55,2 ±7,1	104,7 ±17,4	163,3 ±24,5	45,7 ±7,1	33,0 ±18,6
Спринтеры сред- ней квалифика- ции	32,9 ±5,2	62,8 ±11,1	115,5 ±22,1	192,1 ±49,1	54,4 ±12,0	97,1 ±30,5
Прыгуны	34,5 ±5,1	65,0 ±12,2	126,0 ±34,3	200,0 ±60,0	61,0 ±11,8	98,8 ±18,9
Борцы	37,2 ±7,5	62,8 ±9,1	113,7 ±26,4	176,5 ±48,9	67,7 ±18,6	119,0 ±46,2
Спортигровики	33,0 ±7,6	61,2 ±7,3	106,5 ±17,3	186,1 ±54,6	58,9 ±12,9	99,4 ±28,2
Стайеры высо- кой квалифика- ции	35,3 ±1,6	67,0 ±5,5	119,3 ±14,6	182,3 ±37,5	65,0 ±17,0	125,3 ±45,4
Стайеры сред- ней квалифика- ции	33,7 ±4,0	64,7 ±9,4	118,4 ±19,9	195,3 ±57,9	64,2 ±17,4	109,9 ±35,9
Неспорсмены	34,7 ±7,0	62,6 ±9,6	115,3 ±23,6	186,2 ±49,8	58,0 ±14,7	97,0 ±36,7

симильного напряжения больше при вызванном, чем при произвольном,
сокращении.

По временным характеристикам развития вызванного тетаниче-

ского сокращения не выявилось достоверных различий между средними групповыми показателями. Однако во всех случаях наиболее высокую скорость нарастания тетанического изометрического сокращения ТМГ обнаруживают спринтеры высокой квалификации, а наиболее низкую (особенно в начале развития напряжения) – стайеры высокой квалификации. Скорость начального развития изометрического напряжения при произвольном сокращении – наибольшая из всех групп у спринтеров высокой квалификации, а наименьшая – у стайеров высокой квалификации.

Показатели выносливости. При вызванном тетаническом ритмическом сокращении падение его силы идет относительно быстрее, чем при произвольном (табл. 4). Вариативность всех показателей выносливости в исследованных группах относительно невысокая: коэффициенты их вариации во всех случаях ниже, чем для показателей силы, скорости и скоростно-силовых показателей. Причем вариативность снижения силы тестовых вызванных и произвольных ритмических сокращений меньше в начале теста и увеличивается по мере приближения к его концу. Наиболее высокие показатели выносливости (наименьшую скорость снижения напряжения при 2-минутном тесте) при вызванном тетаническом ритмическом сокращении обнаруживает ТМГ у стайеров высокой квалификации, причем по мере продолжения теста различие еще больше возрастает. Интересно, что выносливость ТМГ у стайеров средней квалификации не обнаруживает особых отличий от мышечной выносливости у таких групп, как спортсмены или борцы. При произвольном сокращении достоверность различий в показателях выносливости наблюдается лишь между стайерами и спринтерами высокой квалификации, особенно заметны эти различия по мере продолжения 2-минутного теста. В конце 2-минутного произвольного теста становятся заметными различия в выносливости между

Таблица 4
Показатели выносливости: снижение силы вызванного сокращения (ВС) и произвольного сокращения (ПС) в % от МС (для ВС) и от МПС (для ПС)

	F ₁₅ (ВС) X ± σ	F ₃₀ (ВС) X ± σ	F ₄₅ (ВС) X ± σ	F ₆₀ (ВС) X ± σ	F ₁₅ (ПС) X ± σ	F ₃₀ (ПС) X ± σ	F ₄₅ (ПС) X ± σ	F ₆₀ (ПС) X ± σ
Спор- тивная специаль- ность								
Спринтеры вы- сокой квали- фикации	81,5 ±5,09	72,6 ±5,84	62,6 ±6,43	51,7 ±8,72	91,4 ±6,31	81,7 ±7,97	76,2 ±11,30	70,3 ±8,22
Спринтеры сред- ней квалифи- кации	79,6 ±8,87	70,9 ±7,28	62,2 ±9,94	52,5 ±7,60	91,9 ±11,86	82,3 ±8,84	77,8 ±9,67	73,7 ±11,17
Пругуны	84,5 ±4,38	73,8 ±4,22	62,3 ±6,95	52,3 ±11,83	92,1 ±5,09	88,7 ±7,38	85,7 ±12,04	80,0 ±8,33
Борцы	80,7 ±4,61	72,8 ±3,35	65,1 ±1,86	58,3 ±3,55	89,4 ±7,65	79,3 ±11,20	75,4 ±11,74	73,2 ±9,03
Спортсмены	78,7 ±8,81	71,0 ±13,14	62,5 ±11,48	55,9 ±11,27	93,6 ±2,39	88,0 ±6,53	83,0 ±6,92	80,2 ±8,71
Стартеры высо- кой квалифи- кации	85,0 ±9,47	78,5 ±11,50	73,1 ±7,62	66,5 ±7,26	90,6 ±2,21	86,6 ±8,76	83,7 ±7,85	84,0 ±7,42
Стартеры сред- ней квалифи- кации	77,8 ±4,38	71,8 ±4,98	65,6 ±5,35	57,4 ±6,53	91,1 ±2,92	83,6 ±5,62	83,9 ±7,40	80,3 ±8,17
Неспортсмены	81,2 ±5,46	73,2 ±4,79	65,2 ±7,31	56,8 ±12,02	90,3 ±5,33	83,1 ±10,51	80,0 ±8,81	75,9 ±8,27

стайерами и спринтерами средней квалификации.

Зависимость между различными показателями функциональных свойств НМА.

Для изучения взаимосвязи между показателями функциональных свойств НМА был использован корреляционный анализ. Все 24 показателя были скоррелированы и для них была получена матрица интеркорреляции. Такая матрица была рассчитана для всех исследуемых вместе ($n = 77$) и отдельно для спринтеров ($n = 16$) и стайеров ($n = 15$).

Интеркорреляция показателей мышечной силы обнаруживает высокую тесную связь между показателями МПС и МС (коэффициенты корреляции в пределах $0,778 - 0,877$) у всех трех групп, а также отрицательную корреляцию между показателями МПС и величиной силового дефицита (от $-0,551$ до $-0,710$). На основании этих данных можно заключить, что МПС, зависящая как от силовых возможностей ТМГ, так и от характера центрально-нервного управления ее, в несколько большей степени определяется первым фактором.

Сила одиночного сокращения ТМГ положительно коррелирует с МС ($r = 0,520$) и МПС ($r = 0,528$) у общей группы всех исследуемых. Коэффициенты корреляции еще выше у группы стайеров (соответственно $0,748$ и $0,733$). Наоборот, в группе спринтеров такие корреляции не обнаруживаются. Объяснение этому можно связать с тем фактом, что сила одиночного сокращения зависит от композиции мышцы (соотношения медленных и быстрых мышечных волокон). Дело в том, что медленные мышечные волокна могут проявлять при одиночном сокращении относительно большую силу по сравнению с быстрыми волокнами из-за более продолжительного периода "активного состояния" контрактивных элементов медленных волокон. Судя по временным параметрам одиночного сокращения, ТМГ у стайеров более

медленная мышца, чем у спринтеров (табл. 2). Это и объясняет высокую достоверную коррелятивную связь силы одиночного сокращения с МС и МПС сокращения ТМГ у стайеров и отсутствие этой связи у спринтеров. Такое предположение хорошо подкрепляется данными о положительной корреляционной связи между силой одиночного сокращения и величиной тетанического индекса: 0,633 для всей группы, 0,810 у спринтеров и 0,436 у стайеров.

Максимальная сила ТМГ находится в небольшой, но достоверно отрицательной корреляции с тетаническим индексом. В этом случае он наибольший у спринтеров (-0,451). Этот факт еще раз указывает на зависимость силовых показателей ТМГ от ее композиции.

При анализе интеркорреляции скоростных показателей обращает внимание низкая корреляция между временем одиночного сокращения ТМГ и остальными скоростными характеристиками этой мышцы. Вместе с тем выявлена очень высокая теснота связи между общим временем одиночного сокращения и длительностью второй половины полурасслабления (коэффициенты корреляции 0,952, 0,975 и 0,967). Корреляция общего времени одиночного сокращения с его остальными составными частями значительно ниже.

Достаточно высокая корреляционная связь между показателями скоростно-силовых характеристик НМА обнаруживается при вызванном сокращении ТМГ. По мере развития вызванного тетанического изометрического сокращения эта зависимость между отдельными показателями становится менее тесной. Так, в матрице интеркорреляции для всех исследуемых коэффициентов корреляции между временем достижения 25% и 50% от МС ТМГ составляет 0,686, между временем достижения 25% и 75% - 0,570, между 25% и 90% - 0,481; в группе спринтеров соответствующие коэффициенты - 0,906, 0,741 и 0,352; в группе стайеров - 0,770, 0,610 и 0,497. Таким образом, скоро-

704423/1

сти развития напряжения в начале и в конце вызванного сокращения по мере приближения к максимуму определяются, по-видимому, в значительной мере разными факторами.

Корреляционная связь между скоростно-силовыми характеристиками НМА, определяемыми при произвольном и вызванном сокращении ТМГ, практически отсутствует, коэффициенты корреляции между временем развития напряжения в 25% и 50% от максимума при произвольном и вызванном сокращении во всех трех группах лежат ниже 5%-ного уровня достоверности. Это может указывать на существенную роль центрально-нервного фактора (характера "моторной команды"), определяющего скорость начального развития изометрического произвольного сокращения.

Интеркорреляция показателей выносливости прослеживается на протяжении всего 2-минутного теста вызванного и произвольного сокращения, причем более высокие коэффициенты корреляции выявляются между смежными 30-секундными интервалами. Так, для всей группы исследованных при вызванном сокращении ТМГ коэффициент корреляции между показателями силы сокращения (в % от максимальной) за первые и вторые 15 сокращений равен 0,774, за первые и третьи - 0,469, за первые и четвертые - 0,336. Аналогичная картина наблюдается и для произвольного сокращения для всех трех групп: здесь соответствующие коэффициенты корреляции равны 0,780, 0,597 и 0,595. Взаимосвязь между смежными показателями выносливости выше к концу тестового 2-минутного сокращения, чем в начале. Например, коэффициенты корреляции между показателями силы сокращения ТМГ после 15 и 30 сокращений при вызванном и произвольном сокращениях равны соответственно 0,774 и 0,780, а после 45 и 60 сокращений - 0,877 и 0,907.

Между показателями выносливости при вызванном и произволь-

ном сокращения корреляция практически отсутствует во всех трех группах (общей, спринтеров и стайеров). Это дает основание рассматривать разные механизмы утомления при вызванном и произвольном сокращениях. В последнем случае, вероятно, большую роль играют центральные механизмы утомления.

Факторная структура показателей функциональных свойств НМА.

Корреляционные матрицы с единицами на главной диагонали, включающие все 24 показателя функциональных свойств НМА для общей группы всех исследованных, а также для группы спринтеров и стайеров, были подвергнуты факторизации. Использовался метод главных компонент. Вращение факторных осей проводилось по критерию "Веримакс". Использовались факторы, собственные числа которых были не меньше единицы.

Для всей группы испытуемых на первом факторе четыре переменные имеют высокие нагрузки (от 0,81 до 0,95). Все они относятся к показателям выносливости при произвольном сокращении. Аналогично на третьем факторе четыре переменные, имеющие высокие нагрузки (от 0,70 до 0,95), относятся к показателям выносливости при вызванном сокращении ТМГ. На втором факторе высокие нагрузки (от 0,78 до 0,93) имеют скоростно-силовые показатели при вызванном сокращении, а на шестом - при произвольном сокращении ТМГ (0,90 и 0,93). На четвертом факторе наибольшие нагрузки имеют силовые показатели - F_{oc} (0,654, МС (0,924) и МПС (0,901). На пятом факторе высокие нагрузки имеют скоростные показатели: общее время одиночного сокращения (0,866) и длительность второй половины полурабочабления одиночного сокращения (0,862). Наконец, на седьмом факторе высокую нагрузку имеют показатели силового дефицита (-0,689).

Факторная структура показателей функциональных свойств НМА

у спринтеров и стайеров фактически подтверждает все то, что выявлено в факторной структуре для всей группы в целом. Для обеих этих групп спортсменов также выделяются факторы, определяющие силовые и скоростно-силовые свойства и выносливость, проявляемые при вызванном и произвольном сокращениях. Небольшие различия состоят прежде всего в том, что у спринтеров выделялся один фактор, положительно связанный с параметрами вызванного сокращения, характеризующими мышечную выносливость, и отрицательно связанный со скоростно-силовыми свойствами самого периферического НМА. Из факторной структуры функциональных свойств периферического НМА у спринтеров выпадает также скорость (время) расслабления мышечных волокон при одиночном сокращении. У стайеров в отличие от общей группы не установлено значимой роли фактора центрально-нервного управления, влияющего на скоростно-силовые характеристики произвольного сокращения, но отдельно выделялся фактор, связанный со скоростью мышечного расслабления.

ВЫВОДЫ

1. У семи групп спортсменов разных специализаций и квалификаций — представителей скоростно-силовых видов (спринтеры высокой и средней квалификации, прыгуны), ациклических, "смешанных", видов (борцы и спортигровики), циклических видов на выносливость (стайеры высокой и средней квалификации), а также у группы неспортсменов исследовали функциональные свойства нервно-мышечного аппарата (НМА) путем измерения параметров силовых, скоростных, скоростно-силовых характеристик и выносливости максимальных электрически вызванных (одиночных и тетанических) и произвольных сокращений трехглавой мышцы голени (ТМГ).

2. По совокупности функциональных свойств НМА значительные специ-

фические различия выявляются только между высококвалифицированными спортсменами "полярных" спортивных специализаций - спринтерами и стайерами.

3. По шкале ранжирования (снижения) силовых возможностей НМА исследованные группы располагаются в следующем порядке: спринтеры высокой и средней квалификации, прыгуны, борцы, спортигровики, стайеры и неспортсмены.

4. Для спринтеров высокой квалификации характерен более низкий показатель "силового дефицита", чем для других спортсменов и неспортсменов - 23,0% против 25,0-31,8% у других исследованных групп, достоверно не различающихся между собой. Такое различие указывает на более совершенное центрально-нервное (произвольное) управление силовыми возможностями мышц у спринтеров высокой квалификации по сравнению с другими группами спортсменов и неспортсменов.

5. Наиболее высокие скоростные свойства НМА характерны для спринтеров высокой квалификации, наименьшие - у стайеров. Так, наиболее короткая восходящая фаза одиночного сокращения у спринтеров составляет в среднем 101,7 мс, далее следуют прыгуны (109,0 мс), самая продолжительная у стайеров (117,9 мс - у средней квалификации и 123,2 мс - у высокой квалификации).

6. Судя по общей длительности одиночного сокращения и второй фазы полурасслабления, для стайеров высокой квалификации характерна относительно высокая скорость мышечного расслабления: по этим показателям группа стайеров следует за спринтерами и прыгунами.

7. По другим средним показателям скоростных свойств НМА (тетаническом индексе и длительности плато "активного состояния") между исследованными группами не установлено достоверных различий.

Вместе с тем наибольшее среднее значение тетанического индекса (21,3%) и наименьшая длительность плато "активного состояния" выявлено также у стайеров высокой квалификации, что характерно для более медленно сокращающихся мышц.

8. Между силовыми и скоростными свойствами НМА, оцениваемыми по величине тетанического индекса и длительности плато "активного состояния", имеется положительная корреляция. Это дает основание предполагать, что эти свойства ТМГ находятся в зависимости от общего фактора — мышечной композиции.

9. Скоростно-силовые возможности НМА, определяемые по начальной скорости нарастания изометрического вызванного или произвольного сокращений ("градиенту силы") наиболее высокие у спринтеров (особенно высокой квалификации) и наименьшие у стайеров высокой квалификации.

10. Выносливость НМА, оцениваемая по скорости снижения ритмических сокращений на протяжении 2 минут, наибольшая у стайеров высокой квалификации и наименьшая у спринтеров. Особенно заметны эти различия для вызванного сокращения: в конце 2-минутного теста сила сокращения ТМГ составляет 51,7% от МС у спринтеров высокой квалификации и лишь 66,5% у стайеров высокой квалификации. Интересно, что скорость снижения силы ритмических сокращений (утомление) выше при вызванных, чем при произвольных, сокращениях.

11. В соответствии с литературными данными можно считать, что высокие силовые и скоростные возможности при относительно низкой выносливости НМА у спринтеров высокой квалификации обусловлены высоким процентом быстрых мышечных волокон в ТМГ, тогда как повышенная выносливость при более низких силовых, скоростных и скоростно-силовых возможностях ТМГ у стайеров высокой квалификации — преобладанием медленных мышечных волокон. Отсутствие суще-

ственных различий в функциональных свойствах НМА у спортсменов "смешанных" специальностей и средней квалификации и у спортсменов может быть следствием схождения "нормальной" композиции ТМГ в этих группах.

12. Факторный анализ 24 функциональных показателей позволил выделить независимые мышечные (периферические) и центрально-нервные (произвольные) факторы, которые в целом определяют силовые, скоростно-силовые возможности и мышечную выносливость (работоспособность) у спортсменов разных специализаций и квалификации.

ТНП. В/о ССО 714-100
объем 1 н.л