

УПРАВЛЯЮЩИЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ МОДЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ В БЛОКАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

**А.П. Исеев¹, В.И. Заляпин¹, А.В. Шевцов², Ю.Б. Кораблева¹,
А.И. Ненашев¹, А.С. Ушаков¹**

¹Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

²Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия

Цель – проанализировать роль и значение двигательной системы в развитии успешной спортивной деятельности. **Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие 167 спортсменов циклических видов спорта и 126 – противоборств (в возрасте 18–21 года) высокой спортивной квалификации (КМС, МС). Применялись следующие методы исследования: SCHILLER Cardiovit AT-104 PC, стабилметрическая платформа, неинвазивный системный анализатор АМП, ферментно-иммунная экспресс-лаборатория, спектр иммунологических составляющих, оценка периферических показателей крови юных спортсменов, нейрхронометр, анализатор Tanita, Нейрософт, компьютерная система «Кентавр». **Результаты.** Анализ статокINETической устойчивости в плоскостях обнаружил отклонения общего центра давления во фронтальной и сагиттальной плоскостях, обусловленные сменой стоек положений в условиях противоборств. В циклических видах спорта выявлены зависимости позного бега, высоты посадок в связи с повышенной частотой и ускоряющими фазами отталкивания. Установлена связь между амплитудно-частотными характеристиками и рангами спортивного мастерства. **Заключение.** Роль двигательной системы в условиях подготовки спортивного резерва изменяется в связи с необходимостью научного обоснования применяемых нагрузок, возрастными особенностями морфофункциональной адаптации, индивидуализацией и персонализацией.

Ключевые слова: специальная двигательная функциональная система, гиперкапния, блоки подготовки, сокращение и расслабление мышц.

Введение. Мышечная система, базируемая на соединительной ткани, обладает многочисленными степенями свободы двигательных действий (ДД), обусловленных успешной результативностью. Двигательная система (ДС) представляет собой комплекс последовательных ДД, их функционального обеспечения, включающих импульсы, совокупность рецепторов, сопряженных рефлексов, мотонейронов, стволовых и корковых областей мозга. Силоприложения в биомеханике, психофизиологии, процессах математического анализа многомерных регрессий, групповых и индивидуально-персональных моделей сильнейших спортсменов, логики мышления, системно-синергетических процессов, алгоритмов машинного обеспечения, моделей распределения Дирихле, ускорения в пространстве и времени гравитационных, баллистических ДД обуславливают механизмы управления в спортивной подготовке.

Внедрение новых программ спортивной подготовки, технологий обуславливает меха-

низмы функциональных проявлений, создания двигательного, пластического стереотипа, динамично смещающихся специальных функциональных систем (СФС) [8, 11, 14, 19, 20, 29].

Организация и методы исследования. В базовом блоке подготовки обследовались 167 спортсменов циклических видов спорта и 126 – противоборств (в возрасте 18–21 года) высокой спортивной квалификации (КМС, МС).

Измерительные устройства включали: систему SCHILLER Cardiovit AT-104 PC (Швейцария) (эргоспирометрия, совместимая с 12 отведениями (ЭКГ), стабилметрическую платформу (МБН, РФ) – оценку статокINETической устойчивости (СКУ), неинвазивный системный анализатор АМП (Украина), портативную ферментно-иммунную экспресс-лабораторию, спектр иммунологических составляющих, оценку периферических показателей крови юных спортсменов (Россия), нейрхронометр (РФ). Композиции состава тела осуществлялись с помощью оценки биоимпеданса на анализаторе Tanita (Япония), регист-

рация ЭНМГ, ЭЭГ – «Нейрософт» (РФ) [11, 14]. Показатели центральной и периферической гемодинамики оценивались биоимпедансной установкой фирмы «Микролюкс» на основе компьютерной системы «Кентавр» (РФ).

Результаты исследования и их обсуждение. Стабилометрические показатели обследовали в 6 положениях пострального контроля в условиях визуального восприятия и депривации зрения, колебания площади статокинезиограммы (СТГ) соответственно равнялись 87–89 мм² и 116–162 мм², показателя стабильности – от 88 до 91 %, индекса устойчивости – от 23 до 35 у. е., динамического компонента равновесия – 65–80 %. Коэффициент Ромберга варьировал, составляя 193,26 ± ± 20,98 %. Можно полагать, что показатели СКУ находились в диапазоне баланса и колебаний стабильности, устойчивости, равновесия и неравновесного состояния СКУ. Мобилизация звеньев СФС на заключительном этапе соревновательной подготовки начинается с клеточных факторов, выходящих за референтные границы (митоза) [7, 11]. Значения разброса показателей СКУ обуславливают уровни ее устойчивости, а в случаях нарушения управляющих и регулирующих факторов отмечаются сдвиги сенсомоторных показателей, требующих предотвращения накопления аллостатического груза и «расшатывания» звеньев СФС.

Индексы постурологического контроля в моделях спортсменов высокой квалификации представлены в табл. 1.

Представленные показатели характеризуют уровни приближающихся к моделям спортсменов высшей квалификации [15, 22]. Полученные данные требуют уточнения функций пусковой, проводящей, управляющей, регулирующей звенья двигательных СФС. Они в свою очередь ведут к эффективной адаптации, успешной дифференцированной спортивной и соревновательной результа-

тивности. Это позволяло своевременно решать задачи достижения нового уровня соревновательной результативности. Подготовка и участие в 3–4 социально значимых соревнованиях требует создания адекватных звеньев СФС. Объем и интенсивность ДД соответственно снижались на 50 и 60 % в течение 3–5 дней, происходило формирование новой СФС.

Звенья СФС: площадь СТГ в основной стойке, коэффициент Ромберга и выше представленные параметры в (табл. 1) характеризуют влияние факторов СКУ на спортивный результат. Анализ СКУ в плоскостях обнаружил отклонения общего центра давления (ОЦД) во фронтальной и сагиттальной плоскостях, обусловленные сменой стоек, положений в условиях противоборств. В циклических видах спорта выявлены зависимости позного бега, высоты посадок в связи с повышенной частотой и ускоряющими фазами отталкивания [1].

В более ранних исследованиях [11] показаны многолетние исследования возрастных сенсомоторных реакций, профили психофизиологических звеньев, энергетического и двигательного компонентов подготовленности дзюдоистов 12–21 года спортивной квалификацией массовых разрядов, КМС и МС (n = 150).

В табл. 2 представлены электронейромиографические звенья противоборцев в состоянии расслабления и напряжения на специально-подготовительном этапе (СПЭ).

Из табл. 2 следует, что в условиях расслабления и напряжения преобладают показатели правой стороны, свидетельствующие об асимметрии мышц. Установлена связь между амплитудно-частотными характеристиками и рангами спортивного мастерства (РСМ) [6, 11]. С ростом РСМ совершенствуется саморегуляция с повышением спортивной квалификации [3, 4, 10, 17, 21].

Таблица 1
Table 1

Показатели стабильности в позе – основная стойка спортсменов высокой квалификации
(n = 126, M ± m)
Postural balance in highly skilled athletes in a two-legged stance

Индекс равновесия, у. е. Balance index, c. u.	Индекс устойчивости, у. е. Stability index, c. u.	Динамический компонент равновесия, у. е. Dynamic component, c. u.	Коэффициент Ромберга, у. е. Romberg coefficient, c. u.	Показатель функциональной стабильности, % Functional stability, %
6,85 ± 0,06	33,91 ± 1,50	67,50 ± 3,18	193,91 ± 25,80	94,57 ± 5,37

Таблица 2
Table 2Электронейромиографические показатели дзюдоистов и кикбоксеров в покое и напряжении
Electroneuromyographical measurements of judo athletes and kickboxers at rest and contraction
(n = 35, M ± m)

Мышцы Muscles	Покой – расслабление / At rest			Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s			Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s		
	Max амплитуда, мкВ Max amplitude, mkV	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s	Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s	Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s	Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s	Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s		
Бiceps / M. biceps brachii – правая / right – левая / left	199,00 ± 25,64 3824,20 ± 654,20	138,12 ± 24,89 1101,16 ± 79,99	32,15 ± 9,65 382,94 ± 28,72	192,34 ± 27,16 326,42 ± 30,12	1,04 ± 0,09 17,84 ± 1,72				
	Трицепс / M. triceps brachii – правая / right – левая / left	168,12 ± 24,16 2800,98 ± 137,42	126,38 ± 14,49 449,98 ± 24,68	12,85 ± 1,98 160,92 ± 15,46	85,80 ± 12,70 340,42 ± 35,28	1,96 ± 0,14 8,23 ± 0,94			
Медиальная широкая мышца бедра / M. vastus medialis – правая / right – левая / left		124,12 ± 21,23 852,28 ± 74,29	198,96 ± 27,12 200,97 ± 27,62	6,92 ± 2,15 36,92 ± 7,49	51,05 ± 8,89 160,01 ± 19,02	2,35 ± 0,11 5,33 ± 0,78			
	Межреберье / M. intercostalis – правая / right – левая / left	292,04 ± 32,16 1209,22 ± 246,32	114,05 ± 24,72 270,96 ± 12,36	2,12 ± 0,74 70,34 ± 15,67	7,86 ± 1,86 179,02 ± 15,92	38,63 ± 2,14 6,75 ± 0,89			
Икроножная мышца M. gastrocnemius – правая / right – левая / left		116,92 ± 29,15 1324,40 ± 92,44	121,24 ± 17,92 269,20 ± 27,90	7,95 ± 2,64 95,04 ± 14,57	68,30 ± 9,28 314,98 ± 28,39	1,71 ± 0,67 2,34 ± 0,58			
	Большая ягодичная мышца M. gluteus maximus – правая / right – левая / left	590,20 ± 39,89 600,00 ± 142,32	155,27 ± 18,25 157,12 ± 47,14	80,00 ± 7,36 22,00 ± 5,60	56,98 ± 10,86 68,24 ± 16,22	10,46 ± 1,08 8,79 ± 1,26			
Широкая мышца спины M. latissimus dorsi – правая / right – левая / left		1014,20 ± 215,00 875,46 ± 103,02	235,42 ± 37,00 116,22 ± 18,98	48,03 ± 9,82 10,52 ± 9,96	186,02 ± 26,92 79,12 ± 13,60	5,45 ± 0,27 2,25 ± 0,75			
	Большая грудная мышца M. pectoralis major – правая / right – левая / left	407,20 ± 39,12 420,90 ± 29,34	142,15 ± 13,47 136,42 ± 15,86	13,94 ± 3,16 16,07 ± 2,84	80,20 ± 9,16 61,00 ± 5,98	5,08 ± 0,84 6,90 ± 0,98			

Окончание табл. 2
Table 2 (end)

Мышцы Muscles	Мак амплитуда, мкВ Max amplitude, mkV		Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV		Суммарная амплитуда, мкВ/с Total amplitude, mkV/s		Средняя амплитуда, л/с Mean amplitude, l/s		Суммарная амплитуда / частота, мкВ · с Total amplitude / frequency, mkV · s	
Произвольное напряжение мышц / At contraction										
Бицепс. / M. biceps brachii										
- правая / right	687,04 ± 894,42	1107,42 ± 256,72	382,98 ± 46,72	327,42 ± 37,76	20,88 ± 2,80					
- левая / left	5980,20 ± 698,34	929,64 ± 135,23	347,40 ± 59,65	345,86 ± 39,45	17,28 ± 2,13					
Трицепс / M. triceps brachii										
- правая / right	2812,10 ± 237,92	442,80 ± 39,42	162,12 ± 27,86	342,62 ± 39,46	8,20 ± 1,14					
- левая / left	2380,00 ± 224,14	370,90 ± 33,86	124,14 ± 23,12	325,80 ± 26,42	7,30 ± 1,10					
Медиальная широкая мышца бедр / M. vastus medialis										
- правая / right	857,10 ± 174,12	203,20 ± 24,94	39,40 ± 7,09	163,00 ± 18,96	5,26 ± 0,79					
- левая / left	620,80 ± 137,29	178,20 ± 19,98	35,24 ± 5,98	176,12 ± 21,92	9,53 ± 0,42					
Межреберье / M. intercostalis										
- правая / right	1438,02 ± 242,32	288,00 ± 45,98	70,05 ± 15,67	180,84 ± 25,40	7,94 ± 0,94					
- левая / left	1274,92 ± 198,64	230,98 ± 92,69	50,10 ± 12,68	189,66 ± 26,10	6,71 ± 0,88					
Икроножная мышца M. gastrocnemius										
- правая / right	1576,12 ± 249,26	306,20 ± 34,52	124,30 ± 19,62	368,29 ± 38,36	4,28 ± 0,67					
- левая / left	1349,26 ± 214,22	279,26 ± 28,14	99,82 ± 14,36	344,72 ± 44,16	3,90 ± 0,52					
Большая ягодичная мышца M. gluteus maximus										
- правая / right	597,10 ± 129,42	157,20 ± 18,25	80,00 ± 5,32	59,98 ± 9,86	9,95 ± 1,02					
- левая / left	590,00 ± 118,66	184,62 ± 17,12	54,98 ± 4,96	66,27 ± 11,92	8,94 ± 0,98					
Широчайшая мышца спины M. latissimus dorsi										
- правая / right	1014,60 ± 105,76	235,60 ± 29,32	48,30 ± 10,38	187,00 ± 28,32	5,43 ± 0,72					
- левая / left	900,00 ± 88,62	197,28 ± 20,15	39,22 ± 7,98	174,98 ± 20,12	5,14 ± 0,69					
Большая грудная мышца M. pectoralis major										
- правая / right	1085,00 ± 107,22	202,40 ± 23,64	37,54 ± 8,22	72,00 ± 11,62	15,07 ± 1,98					
- левая / left	1030,62 ± 100,14	189,20 ± 19,42	55,22 ± 12,13	89,02 ± 13,44	11,58 ± 1,12					

Кибернетика мышц показана в трудах А. Хилла [15], П.К. Анохина [2], Н.А. Бернштейна [3], Л.В. Чхаидзе [16], Дж.Х. Уилмора и соавт. [13], К.В. Судакова и соавт. [12], А.Д. Мак-Комаса [9].

При переходе к интеллектуальному, цифровому анализу процессов, действий с применением логистики, синергетики, системологии, оценочной деятельности механизмов двигательной и СФС можно применять позитивные результаты в проектировании систем и новых технологий. Функции нейронных сетей мозга проектируют программное обеспечение многопрофильных регрессий, распределения Дирихле и использования алгоритма машинного обучения Random Forest [5].

Разработанные классификации по видам спорта, тотальным размерам тела, весовым категориям, специализациям позволят частично разрешить нормативные вопросы, а при введении категорий математических отношений смогут дифференцировать функции разброса, биоструктур управления и регуляции функций оценочной деятельности. Процессы, механизмы и интерпретации адаптации ДС требуют уточнений.

Двигательной системе отводится ведущее значение в пусковой, опорной, восстановительной, управляющей и регулирующей звеньев СФС. Двигательная система формирует динамические стойки, силоприложение, ускорение, поздние локомоции, статокINETическую и гипоксическую устойчивость, динамичность позвоночника, упруго-вязкие свойства соединительной ткани (мышцы, связки, сухожилия, изгибы позвоночника [21]). Роль двигательной системы в условиях подготовки спортивного резерва изменяется в связи с необходимостью научного обоснования применяемых нагрузок, возрастными особенностями

морфофункциональной адаптации, индивидуализацией и персонализацией [6]. Выявляются нейрофизиологические предикторы управления спортивной работоспособности [23, 26]. Биоэнергетическое обслуживание, постурологический контроль, иммунологический надзор обеспечивают успешную спортивную результативность в условиях пиковой фазы адаптации, динамического стереотипа двигательной СФС. Обнаружены возрастные и квалификационные компоненты реакции борцов: двигательный, энергетический, психологический, нейродинамический.

Нами регистрировались величины реакций при мощности сигнальных раздражителей: минимального 70 Гц и 2 люкса, максимального – 120 Гц и 5 люкс. Каждый спортсмен выполнял в задании по 10 попыток.

В табл. 3 иллюстрированы данные, полученные под воздействием максимальных раздражителей.

Изучение сенсомоторных реакций в зависимости от возрастных и квалификационных характеристик позволяет высказать суждение о приспособительных изменениях. Скорость в дзюдо имеет особое значение. Литература и наши экспериментальные данные показали, что самбисты и дзюдоисты медленнее реагируют на звуковые и световые сигналы, но имеют более быструю реакцию на прикосновение (тактильный раздражитель). Известно, что высокоразвитым ощущением и восприятием можно определить изменения напряжения мышц, перемещение центра тяжести соперника и таким образом предугадать его намерения.

Нейродинамический компонент функциональной готовности диагностировался сенсомоторными реакциями выбора, которые достигали высокого диапазона к 18–21 году.

Таблица 3
Table 3

Латентный период сенсомоторных реакций борцов
в процессе многолетнего спортивного совершенствования
Latency of sensorimotor responses in martial arts athletes
during multiyear performance enhancement activities

	Возраст, лет / Age, years					
	12–13	14–15	16–17	18–19	20–21	21 и >
Раздражители Irritant	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т	С: 3: Т
Показатели Indicators M ± m	198:188:160 26,0:23,0:19,0	182:176:146 18,0:20,0:15,0	168:18:136 21,0:19,0:16,0	158:142:122 20,0:17,0:12,0	154:140:118 16,0:15,0:9,0	152:142:119 14,0:12,0:8,0

Примечание. С – световой, 3 – звуковой, Т – тактильный раздражители.

Note. С – light, 3 – sound, Т – touch.

Физиология

Профиль психического и нейродинамического компонентов человека в спорте не столь вариативен. К 14–15 годам он приближается к уровню взрослого человека и несколько возрастает к 18–19 годам (рис. 1, 2).

Энергетический компонент подготовленности оценивается по длительности и амплитуде зубцов ЭКГ и АД, которые доминируют с 12 до 16 лет в период развития общей выносливости спортсменов (см. рис. 2). Комментируя данные рис. 2, можно заключить, что адаптоспособность энергетического компонента формируется к 16–17 годам.

Двигательный компонент подготовленности (общемоторный) с ростом ранга спортивного мастерства спортсмена снижается (вариативно-стабильно) от 12 до 18 лет. После 18 лет наблюдается стабилизация общемоторного компонента борцов, находящегося на целесообразном уровне достижения высокой результативности (рис. 3).

Комментируя полученные данные, следует заключить, что формирование и совершенствование энергетического компонента ПФП борца целесообразно завершить к 16–17 годам. Двигательный компонент готовности

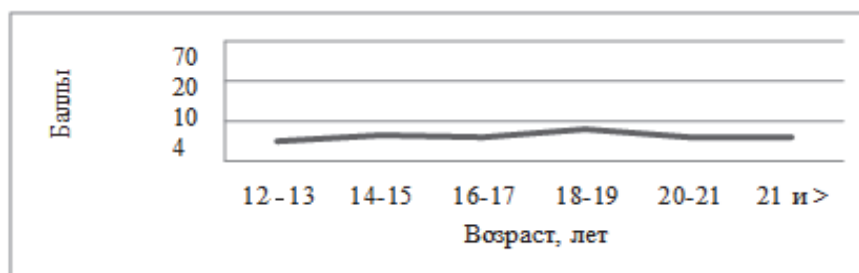


Рис. 1. Профиль психического и нейродинамического компонентов
Fig. 1. Mental and neurodynamic components

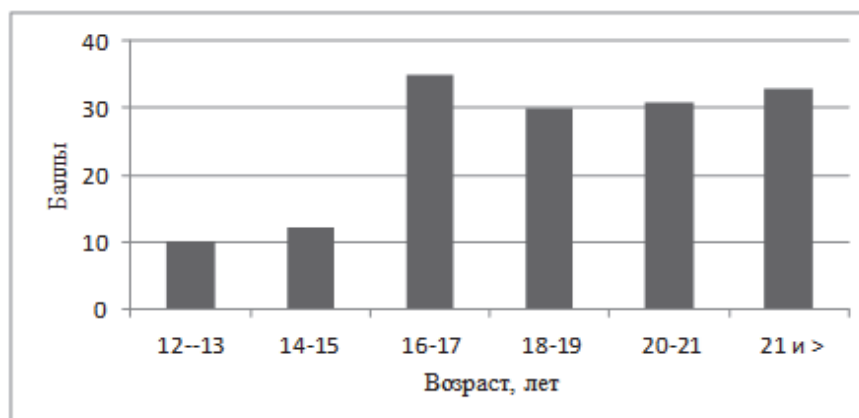


Рис. 2. Энергетический компонент подготовленности в разном возрасте
Fig. 2. The energy component of physical fitness depending on age

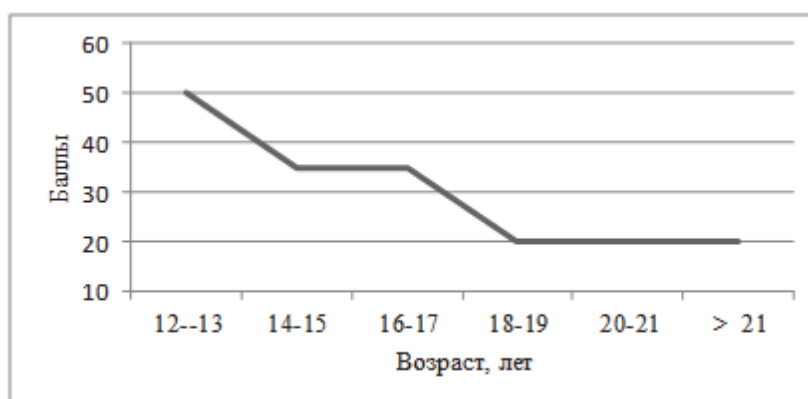


Рис. 3. Двигательный компонент подготовленности
Fig. 3. The motor component of physical fitness

оценивался по времени переработки информации и принятия решения на психомоторном стенде нашей инструкции, динамики темпа движений за 5, 10, 60 с и устойчивости удобного темпа, антропометрических показателей и точности реакции выбора руками и ногами; сокращается временная разность в реагировании руками и ногами; улучшается точность действий в реакциях на засечение цели.

Таким образом, в результате исследований изученные показатели были дифференцированы на ряд направлений. Психический компонент оценивался по результатам выполнения корректурных проб, ошибок в РДО, латентного периода сенсомоторных реакций и количества дифференцировок, а также тремора.

Выявлены взаимосвязи среднего арифметического рангов тестов физической подготовленности борцов с рангом их выступления на соревнованиях: 13–14 лет ($r = 0,86$, $P \leq 0,01$); 15–16 лет ($r = 0,78$, $P \leq 0,01$); 17–18 лет ($r = 0,89$, $P \leq 0,01$). Следовательно, связи проявлялись высокой силы с некоторым снижением и повышением зависимости от квалификации и возраста спортсменов. Интерес представил выборочный расчет зависимости рангов выступлений на соревнованиях от среднего арифметического рангов скоростно-силовых качеств ($r = 0,56$, $P \leq 0,01$), быстроты ($r = 0,50$, $P \leq 0,05$). Итак, успех борцов на соревнованиях зависит от скоростно-силовых качеств и быстроты, которые наряду с хорошим функциональным состоянием, технико-тактической подготовленностью влияют интегративно на спортивную результативность в борьбе. Перечисленные корреляционные зависимости представляют несомненный интерес для спортивных педагогов. Впервые в отечественной практике выявлены высокой силы связи, формализованные характеристики ДД, качественные оценки технических действий с параметрами ПФП дзюдоистов. Взаимопроверка отдельных методик подтвердила возможность их применения в практике спортивной борьбы.

Таким образом, ранг выступления на соревнованиях имеет стабильные связи со средним арифметическим рангом отдельной группы тестов. Это позволяет сделать вывод о том, что на спортивный результат влияет не одно какое-либо качество, а их комплексные проявления.

Мышцы, обуславливающие ДД в пространстве и времени, обладают способностью сокращаться и проводить различные движе-

ния. Физиология ОДА включает двигательные нейроны и двигательные единицы, обеспечивающие механизмы звеньев СФС, и определяет как энергию затрат на ДД к выработанной энергии, умноженной на 100. Развивается теория динамических систем в спорте [28], модели прогноза в спорте [18, 24, 25].

Основу двигательной системы составляют мышцы – 52–54 % от массы тела, которые определяют базовые управляющие процессы ДД в условиях субмаксимальной ДД в спорте. Масса мышц обуславливает ключевое место ДС в энергообеспечивающих, управляющих, регулирующих и контролирующих процессах, а звенья динамичной СФС в условиях ДД в разных фазах адаптации, начиная от поисковой до пиковой [6, 11, 27].

В процессе долговременной адаптации двигательной СФС формируется пластичный, динамический, двигательный стереотип. Роль ДС в спорте базируется на совокупности импульсов, мотонейронов, митохондрий, белковых интеграций, рецепторов, рефлексов, производящих двигательный интеллект, устойчивое развитие, управление, саморегуляцию в звеньях СФС.

«Думающие мышцы» не только создают двигательный образ действий, но и опережающе проектируют механизмы адаптации вплоть до пиковой фазы, определяющей наивысшие результаты, ускоренного восстановления и формирования новой СФС, решают целесообразные задачи и сопутствуют мотивации спортсмена. Многогранное управление двигательной СФС формирует пластичность динамического стереотипа ДД. Тайная мудрость организма, секреты физиологии, управляющие и регулирующие двигательной СФС, позволят получить механизмы индивидуализации и персонификации ДС спортсменов для выхода на уровень новых достижений [10].

Представляется возможным, что целесообразная интеграция индивидуальных формализованных характеристик системы спортивной подготовки и звеньев двигательного стереотипа динамичной СФС обуславливают не только спортивную результативность, СКУ, гипоксическую устойчивость, силоприложение, ускорение, биологическую надежность. Формируется целостный механизм моделей динамичных двигательных систем и звеньев СФС высококвалифицированных спортсменов с принципами индивидуализации персонификации, особенностями свойств нервной

системы, пластичности и устойчивости в условиях последовательно целесообразных преобразований [5, 11].

Заключают цикл моделей уравнение многомерной регрессии, интегральный рейтинговый показатель модели распределения Дирихле, алгоритм машинного обучения Random Forest для прогнозирования ритма и проводимости сердца по данным постурологического контроля и персонифицированные модели состояния и подготовленности двигательной СФС [5, 22].

Таким образом, заключается цикл моделей, обуславливающих критерии, резервы, прогнозы развития, достижения устойчивого состояния и успешной спортивной результативности.

Литература

1. Анисимова, Е.А. Инновационная методика спортивной подготовки бегунов на средние дистанции / Е.А. Анисимова // *Теория и практика физ. культуры*. – 2011. – № 2. – С. 69–71.
2. Анохин, П.К. *Очерки по физиологии функциональных систем: моногр.* / П.К. Анохин. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
3. Бернштейн, Н.А. *Избранные труды по биомеханике и кибернетике* / Н.А. Бернштейн. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 296 с.
4. Билич, Г.Л. *Анатомия и физиология: большой популярный атлас* / Г.Л. Билич, Е.Ю. Зигалова. – М.: ЭКСМО, 2020. – 272 с.
5. Заляпин, В.И. *Статистический анализ функционального состояния спортсменов-ориентировщиков* / В.И. Заляпин, А.П. Исаев // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование»*. – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 67–68.
6. *Запредельные реакции, резервные возможности, шкалы и персональные характеристики функциональной системы подростков-спортсменов* / А.В. Шевцов, Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.Б. Кораблева // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 7–12.
7. Исаев, А.П. *Локально-региональная мышечная выносливость в системе подготовки и адаптации бегунов и лыжников-гонщиков в условиях равнины и среднегорья: моногр.* / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, В.Б. Ежов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2014. – 286 с.
8. Леманн-Хорн, Ф. *Двигательные системы* / Ф. Леманн-Хорн // в кн.: *Физиология человека с основами патофизиологии; пер. с нем. М.А. Калининой; под ред. Р.Ф. Шмидта*. – М.: Лаборатория знаний, 2019. – 537 с.
9. Мак-Комас, А.Дж. *Скелетные мышцы: моногр.* / А.Дж. Мак-Комас. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 406 с.
10. Рафф, Г. *Секреты физиологии: пер. с англ.* / Г. Рафф. – М.; СПб.: Изд-во Бином: *Невский диалект*, 2001. – 448 с.
11. *Система подготовки спортивного резерва: возрастные особенности эффективной адаптации и сохранности здоровья подростков* / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов, Д.О. Малеев. – СПб.: Политех-Пресс, 2018. – 579 с.
12. Судаков, К.В. *Физиология. Основы и функциональные системы: курс лекций* / под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.
13. Уилмор, Дж.Х. *Физиология спорта и двигательной активности* / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл; пер. с англ. – Киев: Олимп. лит., 1997. – 504 с.
14. *Фундаментальные и прикладные аспекты адаптоспособности, реактивности, резистентности и регуляции организма спортсменов в системе спортивной подготовки (питание, пищеварение, восстановление и энергообеспечение): моногр.* / Р.Я. Абзалов, А.С. Аминов, Э.Ф. Баймухаметова и др.; под ред. А.П. Исаева, В.В. Эрлиха. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2017. – 854 с.
15. Хилл, А. *Механика мышечного сокращения. Старые и новые опыты* / А. Хилл; пер. с англ. Ю.А. Шаропова; под ред. и с предисл. акад. Г.М. Франка. – М.: Мир, 1972. – 175 с.
16. Чхаидзе, Л.В. *Проблемы центральной регуляции структуры двигательных навыков человека* / Л.В. Чхаидзе // *Теория и практика физ. культуры*. – 1966. – № 16. – С. 15–71.
17. Янда, В. *Функциональная диагностика мышц* / В. Янда – М.: ЭКСМО, 2010. – 352 с.
18. Abut, F. *Machine learning and statistical methods for the prediction of maximal oxygen uptake: recent advances* / F. Abut // *Medical Devices*. – 2015. – Vol. 8. – P. 369.
19. Balagué, K. *Sport science integration: an evolutionary synthesis* / K Balagué // *European Journal of Sport Science*. – 2016. – No. 1 (17). – P. 51–62.

20. Cowen, A.P. *The Psychology of Dynamic Balance and Peak Performance in Sport: Correction Theory* / A.P. Cowen, M.S. Nesti, M. Cheetham // *Quest*. – 2014. – Vol. 66, no. 4. – P. 421–432.
21. Donatelli, R. *Sports – specific rehabilitation* / R. Donatelli. – U.S.A., 2007. – 336 p.
22. Isaev, A.P. *Sport Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions* / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, V.V. Rybakov. – Germany: Nomos, 2017. – 278 p.
23. Kohman, R.A. *Neurogenesis, inflammation and behavior* / R.A. Kohman // *Brain, behavior and immunity*. – 2013. – Vol. 27. – P. 22–32.
24. Lennartsson, J. *Probabilistic modeling in sports, finance and weather* / J. Lennartsson. – 2014. – 28 p.
25. Papić, V. *Expert system for identification of sport talents: Idea, implementation and results*. INTECH Open Access Publisher / V. Papić, N. Rogulj, V. Pleština. – 2011. – P. 25.
26. Park, I.S. *Regional cerebellar volume reflects static balance in elite female short-track speed skaters* / I.S. Park // *Int. J. Sports Med*. – 2012. – Vol. 9. – P. 15.
27. Reichman, H. *Biochemical and ultra-structural changes of skeletal muscle mitochondria after chronic electrical stimulation in rabbits* / H. Reichman, H. Hoppeler, O. Mathieu-Costello // *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*. – 1985. – Vol. 404. – P. 1–9.
28. Seifert, L. *Inter-limb coordination and energy cost in swimming* / L. Seifert // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2014. – Vol. 17, iss. 4. – P. 439–444.
29. Yates, F.E. *Self-Organizing Systems: The Emergence of Order* / E.F. Yates. – Springer Science & Business Media, 2012. – 661 p.

Исаев Александр Петрович, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. ORCID: 0000-0003-2640-0240.

Заляпин Владимир Ильич, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и методики преподавания математики, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305.

Шевцов Анатолий Владимирович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физической реабилитации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378.

Кораблева Юлия Борисовна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, преподаватель кафедры спортивного совершенствования Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531.

Ненашев Александр Игоревич, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963.

Ушаков Александр Сергеевич, преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, ассистент кафедры физического воспитания и здоровья Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678.

Поступила в редакцию 1 октября 2021 г.

CONTROL AND REGULATING MECHANISMS OF A SPECIAL FUNCTIONAL MOTOR SYSTEM IN ATHLETES DURING THE MULTIYEAR TRAINING PERIOD

A.P. Isaev¹, ORCID: 0000-0003-2640-0240,
V.I. Zalyapin¹, zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305,
A.V. Shevtsov², sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378,
Yu.B. Korableva¹, julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531,
A.I. Nenashev¹, genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963,
A.S. Ushakov¹, ushakovas74@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7591-3678

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²National State University of Physical Culture, Sport and Health named after P.F. Lesgafta, St. Petersburg, Russian Federation

Aim. The paper aims to analyse the role and importance of the motor system in successful sports performance. **Materials and methods.** The study involved 167 high level athletes from acyclic sports and 126 high level athletes from martial arts aged from 18 to 21 years. The following equipment and methods were used for the purpose of the study: SCHILLER Cardiovit AT-104 PC, force platform, AMP non-invasive blood analyzer, neural chronometer, Tanita body composition analyzer, Neurosoft, Kentavr computer system. **Results.** The analysis of statokinetic balance allowed to identify the changes of the center of pressure in the frontal and saggital planes as a result of changing fighting stances. In cyclic sports, the correlation between running performance and the starting position was found associated with increased frequency and acceleration of take off movements. The correlation between amplitude and frequency characteristics and skill levels was also found. **Conclusion.** The role of the motor system in athletic performance is changing due to the need for scientific justification of the load used, age features of morphological and functional adaptation and personalization.

Keywords: motor system, muscle contraction, muscle relaxation, athletic preparation, hypercapnia.

References

1. Anisimova E.A. [Innovative Methodology of Sports Training for Middle Distance Runners]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2011, no. 2, pp. 69–71. (in Russ.)
2. Anokhin P.K. *Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem: monografiya* [Essays on the Physiology of Functional Systems]. Moscow, Medicine Publ., 1975. 448 p.
3. Bernshteyn N.A. *Izbrannyye trudy po biomekhanike i kibernetike* [Selected Works on Biomechanics and Cybernetics]. Moscow, SportAkadem Publ., 2001. 296 p.
4. Bilich G.L., Zikalova E.Yu. *Anatomiya i fiziologiya: bol'shoy populyarnyy atlas* [Anatomy and Physiology. A Large Popular Atlas]. Moscow, EKSMO Publ., 2020. 272 p.
5. Zalyapin V.I., Isayev A.P. [Statistical Analysis of the Functional State of Orienteering Athletes]. *Vestnik YuUrGU. Seriya "Matematicheskoye modelirovaniye i programmirovaniye"* [Bulletin of SUSU. Series Mathematical Modeling and Programming], 2017, vol. 4, no. 1, pp. 67–68. (in Russ.)
6. Shevtsov A.V., Maleyev D.O., Isayev A.P., Korableva Yu.B. Stress Reactivity, Reserve Capacities, Scales and Individual Features of the Functional System in Adolescent Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 7–12. (in Russ.)
7. Isayev A.P., Erlikh V.V., Ezhov V.B. *Lokal'no-regional'naya myshechnaya vynoslivost' v sisteme podgotovki i adaptatsii begunov i lyzhnikov-gonshchikov v usloviyakh ravniny i srednegor'ya: monografiya* [Local-Regional Muscular Endurance in the System of Training and Adaptation of Runners and Skiers-Racers in Conditions of Plains and Mid-Mountains]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 286 p.

8. Lemann-Khorn F. *Dvigatel'nyye sistemy. Fiziologiya cheloveka s osnovami patofiziologii* [Motor Systems. Human Physiology with the Basics of Pathophysiology]. Transl. from German M.A. Kalinina. Moscow, Laboratory of Knowledge Publ., 2019. 537 p.
9. Mak-Komas A.Dzh. *Skeletnyye myshtsy: monografiya* [Skeletal Muscles]. Kiyev, Olympic Literature Publ., 2001. 406 p.
10. Raff G. *Sekrety fiziologii* [Secrets of Physiology]. Transl. from Engl. Moscow, St. Petersburg, Binom Publ., Nevsky Dialect Publ., 2001. 448 p.
11. Isayev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Maleyev D.O. *Sistema podgotovki sportivnogo rezerva: vozrastnyye osobennosti effektivnoy adaptatsii i sokhrannosti zdorov'ya podrostkov* [The System of Training Sports Reserve. Age Characteristics of Effective Adaptation and Health Preservation of Adolescents]. St. Petersburg, Polytech Publ., 2018. 579 p.
12. Sudakov K.V. *Fiziologiya. Osnovy i funktsional'nyye sistemy: kurs lektsiy* [Physiology. Fundamentals and Functional Systems. A Course of Lectures]. Moscow, Medicine Publ., 2000. 784 p.
13. Uilmor Dzh.Kh., Kostill D.L. *Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti* [Physiology of Sport and Motor Activity]. Kiyev, Olympic Literature Publ., 1997. 504 p.
14. Abzalilov R.Ya., Aminov A.S., Baymukhametova E.F. et al. *Fundamental'nyye i prikladnyye aspekty adaptosposobnosti, reaktivnosti, rezistentnosti i regulyatsii organizma sportsmenov v sisteme sportivnoy podgotovki (pitaniye, pishchevareniye, vosstanovleniye i energoobespecheniye): monografiya* [Fundamental and Applied Aspects of Adaptability, Reactivity, Resistance and Regulation of the Body of Athletes in the System of Sports Training (Nutrition, Digestion, Recovery and Energy Supply)]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2017. 854 p.
15. Khill A. *Mekhanika myshechnogo sokrashcheniya. Staryye i novyye opyty* [Mechanics of Muscle Contraction. Old and New Experiences]. Transl. from Engl. Yu.A. Sharapova; G.M. Frank (Ed.). Moscow, World Publ., 1972. 175 p.
16. Chkhaidze L.V. [Problems of Central Regulation of the Structure of Human Motor Skills]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 1966, no. 16, pp. 15–71. (in Russ.)
17. Yanda V. *Funktsional'naya diagnostika myshts* [Functional Diagnostics of Muscles]. Moscow, EKSMO Publ., 2010. 352 p.
18. Abut F. Machine Learning and Statistical Methods for the Prediction of Maximal Oxygen Uptake: Recent Advances. *Medical Devices*, 2015, vol. 8, p. 369. DOI: 10.2147/MDER.S57281
19. Balagué K. Sport Science Integration: an Evolutionary Synthesis. *European Journal of Sport Science*, 2016, no. 1 (17), pp. 51–62. DOI: 10.1080/17461391.2016.1198422
20. Cowen A.P., Nesti M.S., Cheetham M. The Psychology of Dynamic Balance and Peak Performance in Sport: Correction Theory. *Quest*, 2014, vol. 66, no. 4, pp. 421–432. DOI: 10.1080/00336297.2014.936620
21. Donatelli R. Sports – Specific Rehabilitation. U.S.A, 2007. 336 p.
22. Isaev A.P., Erlikh V.V., Rybakov V.V. *Sport Training Individualization: State, Problems and Advanced Solutions*. Germany: Nomos, 2017. 278 p.
23. Kohman R.A. Neurogenesis, Inflammation and Behavior. *Brain, Behavior and Immunity*, 2013, vol. 27, pp. 22–32. DOI: 10.1016/j.bbi.2012.09.003
24. Lennartsson J. *Probabilistic Modeling in Sports, Finance and Weather*. 2014. 28 p.
25. Papić V., Rogulj N., Pleština V. *Expert System for Identification of Sport Talents: Idea, Implementation and Results*. INTECH Open Access Publisher. 2011. 25 p. DOI: 10.5772/19203
26. Park I.S. Regional Cerebellar Volume Reflects Static Balance in Elite Female Short-Track Speed Skaters. *Int. J. Sports Med.*, 2012, vol. 9, p. 15. DOI: 10.1055/s-0032-1327649
27. Reichman H., Hoppeler H., Mathicu-Costello O. Biochemical and Ultra-Structural Changes of Skeletal Muscle Mitochondria After Chronic Electrical Stimulation in Rabbits. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 1985, vol. 404, pp. 1–9. DOI: 10.1007/BF00581484

28. Seifert L. Inter-Limb Coordination and Energy Cost in Swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, vol. 17, iss. 4, pp. 439–444. DOI: 10.1016/j.jsams.2013.07.003

29. Yates F.E. *Self-Organizing Systems: The Emergence of Order*. Springer Science & Business Media, 2012. 661 p.

Received 1 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Управляющие и регулирующие механизмы моделей двигательной специальной функциональной системы спортсменов в блоках многолетней подготовки / А.П. Исаев, В.И. Заляпин, А.В. Шевцов и др. // Человеч. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 115–126. DOI: 10.14529/hsm210414

FOR CITATION

Isaev A.P., Zalyapin V.I., Shevtsov A.V., Korablva Yu.B., Nenashev A.I., Ushakov A.S. Control and Regulating Mechanisms of a Special Functional Motor System in Athletes During the Multiyear Training Period. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 115–126. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210414
