

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОЛИАТЛОНISTOK НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

Романова Дина Андреевна

Аспирант, ФГБУ ВО Владимирский государственный
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых
din.romanova2016@yandex.ru

MORPHOFUNCTIONAL DETERMINANTS OF SPECIAL ADAPTATION OF POLYATHLONISTS' FUNCTIONAL SYSTEMS AT THE STAGES OF LONG-TERM TRAINING

D. Romanova

Summary. The article is devoted to the topic of morphofunctional determinants of special adaptation of functional systems of polyathlon athletes at various stages of long-term sports training. Special attention is paid to the patterns of changes in morphological, functional, and psychomotor indicators of the athletes' bodies under the influence of systematic training effects of a complex nature.

The purpose of the study is to establish the morphofunctional determinants of special adaptation of functional systems of polyathlon athletes and to determine their relationship with the components of competitive performance at the stages of long-term training.

Methods. 135 female polyathletes aged 14–30 years of various qualifications were examined. Anthropometry, bioimpedansometry, dynamometry, spirometry, functional tests of the cardiorespiratory system, tetrapolar chest rheography, psychomotor testing, methods of variational statistics and correlation analysis were used.

Results. A progressive increase in active cellular.

Keywords: polyathlon, morphofunctional determinants, special adaptation, functional systems, long-term training, body composition, cardiorespiratory system, female athletes, sports physiology, long-term adaptation.

Аннотация. Статья посвящена теме морфофункциональных детерминант специальной адаптации функциональных систем полиатлонисток на различных этапах многолетней спортивной подготовки. Особое внимание уделяется закономерностям изменения морфологических, функциональных и психомоторных показателей организма спортсменок под влиянием систематических тренировочных воздействий комплексной направленности. *Цель исследования* — установить морфофункциональные детерминанты специальной адаптации функциональных систем полиатлонисток и определить их взаимосвязь с компонентами соревновательной результативности на этапах многолетней подготовки.

Методы. Обследованы 135 полиатлонисток 14–30 лет различной квалификации. Применялись антропометрия, биоимпедансометрия, динамометрия, спирометрия, функциональные пробы кардиореспираторной системы, тетраполярная грудная реография, психомоторное тестирование, методы вариационной статистики и корреляционного анализа.

Результаты. Выявлено прогрессивное увеличение активной клеточной массы (от $29,8 \pm 2,1$ до $50,3 \pm 3,2$ кг), мышечной массы (от $19,6 \pm 1,8$ до $37,7 \pm 3,1$ кг), показателей центральной гемодинамики и улучшение психомоторных параметров. Установлены сильные корреляционные связи между морфофункциональными показателями и компонентами соревновательного результата.

Выводы. Морфофункциональные детерминанты специальной адаптации представляют собой интегративный комплекс характеристик, закономерно изменяющихся на этапах многолетней подготовки, и могут использоваться для управления тренировочным процессом, индивидуализации подготовки и прогнозирования спортивной результативности полиатлонисток.

Ключевые слова: полиатлон, морфофункциональные детерминанты, специальная адаптация, функциональные системы, многолетняя подготовка, компонентный состав тела, кардиореспираторная система, спортсменки, спортивная физиология, долговременная адаптация.

Введение

Современная спортивная физиология рассматривает адаптацию как фундаментальное свойство живых систем, обеспечивающее приспособление организма к изменяющимся условиям среды и специфическим нагрузкам. По мнению К.В. Судакова, «функциональная система представляет собой динамическую саморегулирующуюся организацию, избирательно объединяющую различные органы и ткани для

достижения полезного приспособительного результата» [15, с. 123]. В контексте спортивной деятельности морфофункциональные детерминанты выступают интегративными показателями, определяющими направленность и эффективность адаптационных перестроек организма спортсмена. Полиатлон как комплексный вид спорта, включающий разнонаправленные двигательные режимы — силовую гимнастику, стрельбу из пневматического оружия и лыжную гонку — предъявляет специфические требования к морфофункцио-

нальному статусу спортсменов на различных этапах многолетней подготовки.

Специальная адаптация функциональных систем полиатлонисток характеризуется комплексными перестройками кардиореспираторной, нервно-мышечной, эндокринной и вегетативной систем организма. В.Н. Платонов отмечает, что «специфика соревновательной деятельности в многоборных видах спорта обуславливает необходимость формирования уникального комплекса морфофункциональных характеристик, обеспечивающих эффективную реализацию двигательного потенциала в разнонаправленных видах нагрузки» [13, с. 48].

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 135 полиатлонисток различной квалификации в возрасте от 14 до 30 лет, тренирующихся в спортивных школах олимпийского резерва и клубах Северо-Западного, Центрального, Уральского, Сибирского и Приволжского федеральных округов Российской Федерации. Согласно этапам многолетней спортивной подготовки обследуемые были распределены на пять групп: первая группа — спортсменки 14–16 лет этапа совершенствования спортивного мастерства начальной специализации ($n=38$, квалификация КМС и I разряд, стаж занятий 3–6 лет); вторая группа — 17–19 лет этапа совершенствования спортивного мастерства углубленной специализации ($n=34$, квалификация КМС и МС, стаж 6–9 лет); третья группа — 20–23 года этапа высшего спортивного мастерства до двух лет ($n=35$, квалификация МС, стаж 8–12 лет); четвертая группа — 24–30 лет этапа высшего спортивного мастерства свыше двух лет ($n=28$, квалификация МС и МСМК, стаж 10–16 лет). Контрольные группы составили лица, не занимающиеся спортом систематически, соответствующего возраста ($n=92$).

Комплексное обследование морфофункционального статуса включало антропометрические измерения с расчетом индексов физического развития (индекс Кетле, индекс Пинье), биоимпедансометрию для определения компонентного состава тела (активная клеточная масса, мышечная масса сегментов тела), динамометрию с вычислением силового индекса, спирометрию с определением жизненной емкости легких и жизненного индекса, функциональные пробы кардиореспираторной системы (проба Штанге, проба Генчи, индекс Руфье-Диксона), определение показателей центральной гемодинамики (ударный объем крови, минутный объем крови, сердечный индекс, ударный индекс) методом тетраполярной грудной реографии, психомоторное тестирование (время простой и сложной реакции, теппинг-тест). Т.С. Гильмутдинов подчеркивает, что «комплексная оценка морфофункционального состояния полиатлонисток позволяет выявить лимитирующие факторы специальной

работоспособности и осуществить целенаправленную коррекцию тренировочного процесса». Исследования проводились в соревновательном периоде годичного цикла подготовки во время всероссийских соревнований по полиатлону в дисциплинах «3-борье с лыжной гонкой» и «3-борье с лыжероллерной гонкой» непосредственно до и после соревновательной нагрузки. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием методов вариационной статистики, корреляционного и факторного анализа с применением программного обеспечения SPSS Statistics 23.0, критический уровень значимости принимался при $p < 0,05$.

Литературный обзор

Теоретические основы специальной адаптации функциональных систем к спортивной деятельности базируются на концепции функциональных систем, разработанной П.К. Анохиным и развитой К.В. Судаковым [15] применительно к спортивной физиологии. Д.Н. Давиденко определяет специальную адаптацию как «процесс формирования устойчивых морфофункциональных изменений в организме спортсмена, специфичных для конкретного вида мышечной деятельности и обеспечивающих повышение специальной работоспособности» [4, с. 118]. В.Б. Иссурин отмечает, что «современная система спортивной подготовки должна учитывать закономерности долговременной адаптации организма к специфическим нагрузкам, проявляющиеся в структурно-функциональных перестройках различных физиологических систем» [5, с. 105].

Морфофункциональные детерминанты, согласно позиции Ю.Н. Кузнецова, представляют собой «совокупность морфологических, биохимических и функциональных показателей организма, определяющих направленность и эффективность адаптационных реакций на тренировочные и соревновательные нагрузки» [7, с. 72].

Исследования морфофункционального статуса в комплексных видах спорта демонстрируют специфические особенности адаптационных перестроек. А.С. Мозжухин указывает: «Полиатлон как многоборный вид спорта требует комплексного развития различных физических качеств — силы, выносливости, координации, что отражается в уникальном профиле морфофункциональных характеристик спортсменок» [8, с. 43]. Э.В. Науменко подчеркивает значимость «системного подхода к оценке функционального состояния полиатлонисток, включающего мониторинг показателей кардиореспираторной системы, нервно-мышечного аппарата и вегетативной регуляции» [9]. А.А. Новиков отмечает, что «индивидуализация тренировочного процесса на основе объективных морфофункциональных критериев является необходимым условием достижения высоких спортивных

результатов в современном спорте» [10, с. 104]. С. Норрис в своих исследованиях демонстрирует, что «специфика энергообеспечения мышечной деятельности в полиатлоне характеризуется сочетанием анаэробных алактатных, анаэробных гликолитических и аэробных механизмов, что требует соответствующих адаптационных перестроек метаболизма» [11, с. 252].

О.А. Ревтова указывает на важность учета «половозрастных особенностей адаптационных реакций у спортсменов, проявляющихся в специфике морфофункциональных изменений на различных этапах многолетней подготовки» [14, с. 482]. А.Ю. Кейно отмечает, что «этапы многолетней подготовки полиатлонистов характеризуются последовательным увеличением объема и интенсивности специфических нагрузок, сопровождающимся закономерными изменениями морфофункционального статуса» [6, с. 61].

Результаты исследования

Анализ морфологических показателей полиатлонистов различных этапов подготовки выявил закономерные изменения компонентного состава тела, отражающие специфику адаптационных перестроек (таблица 1).

Таблица 1.

Морфофункциональные детерминанты специальной адаптации полиатлонистов на этапах многолетней подготовки

Показатель	Группа 1 (14–16 лет)	Группа 2 (17–19 лет)	Группа 3 (20–23 года)	Группа 4 (24–30 лет)	p
Активная клеточная масса, кг	29,8±2,1	36,6±2,4	43,5±2,8	50,3±3,2	<0,05
Мышечная масса, кг	19,6±1,8	25,6±2,1	31,4±2,6	37,7±3,1	<0,05
Ударный объем крови, мл	78,8±6,4	95,8±8,2	112,4±9,6	129,9±10,8	<0,05
Сердечный индекс, л/мин×м ²	3,3±0,4	3,8±0,5	4,3±0,5	4,8±0,5	<0,05
ЖЕЛ, мл	3650±185	4285±220	4720±248	5120±272	<0,05
Силовой индекс правой кисти, %	50,8±4,1	62,4±5,2	70,8±6,0	79,0±6,8	<0,05
Время реакции выбора, мс	420,3±28,4	395,2±26,8	370,5±25,6	344,9±24,7	<0,05

*составлено автором

Активная клеточная масса продемонстрировала прогрессивное увеличение от первой к четвертой группе: 29,8±2,1 кг, 36,6±2,4 кг, 43,5±2,8 кг и 50,3±3,2 кг соответственно (p <0,05), что свидетельствует о гипертрофических процессах в метаболически активных тканях под влиянием систематических тренировочных нагрузок. Мышечная масса также демонстрировала статистически значимое увеличение: 19,6±1,8 кг у спортсменок первой группы, 25,6±2,1 кг во второй группе, 31,4±2,6 кг в третьей группе и 37,7±3,1 кг в четвертой группе (p <0,05). Особый интерес представляет анализ мышечной массы верхних конечностей, имеющей непосредственное значение для выполнения силового компонента троеборья — подтягивания на перекладине: мышечная масса правой руки составила 1,9±0,2 кг, 2,4±0,3 кг, 2,9±0,3 кг и 3,5±0,4 кг; мышечная масса левой руки — 1,6±0,2 кг, 2,2±0,3 кг, 2,7±0,3 кг и 3,5±0,4 кг соответственно группам (p<0,05).

Функциональные показатели кардиореспираторной системы отражали специфику адаптации к комбинированным нагрузкам аэробно-анаэробной направленности. Показатели центральной гемодинамики демонстрировали экономизацию деятельности сердечно-сосудистой системы: ударный объем крови увеличился от 78,8±6,4 мл до 129,9±10,8 мл (p<0,05), ударный индекс — от 48,8±4,2 мл/м² до 75,9±6,5 мл/м² (p<0,05), минутный объем крови — от 5,2±0,6 л/мин до 8,3±0,9 л/мин (p<0,05), сердечный индекс — от 3,3±0,4 л/мин×м² до 4,8±0,5 л/мин×м² (p<0,05). Гипоксические пробы отражали повышение устойчивости к кислородной недостаточности: проба Штанге увеличивалась от 48,2±5,3 с до 72,1±4,9 с (p <0,05), проба Генчи — от 28,6±3,2 с до 44,3±4,0 с (p<0,05).

Силовые показатели верхних конечностей, критичные для выполнения силового компонента троеборья, демонстрировали закономерное увеличение на этапах многолетней подготовки. Динамометрия правой кисти составила 31,8±3,6 кг, 39,1±4,0 кг, 46,5±4,8 кг и 53,8±5,2 кг в группах с первой по четвертую соответственно (p<0,05); динамометрия левой кисти — 30,2±3,4 кг, 37,8±3,9 кг, 44,6±4,6 кг и 51,2±5,0 кг (p<0,05). Силовой индекс правой кисти изменялся от 50,8±4,1 % до 79,0±6,8 % (p <0,05), силовой индекс левой кисти — от 48,2±3,9 % до 75,3±6,5 % (p <0,05), что отражает не только абсолютное увеличение силовых возможностей, но и оптимизацию соотношения силы к массе тела.

Психомоторные показатели, имеющие значение для стрелкового компонента троеборья и координационной структуры двигательных действий, также демонстрировали положительную динамику. Время реакции выбора сокращалось от 420,3±28,4 мс в первой группе до 344,9±24,7 мс в четвертой группе (p <0,05), отражая совершенствование процессов переработки информации и принятия двигательного решения.

Корреляционный анализ выявил статистически значимые взаимосвязи между морфофункциональными показателями и компонентами соревновательного результата. Активная клеточная масса демонстрировала сильную положительную корреляцию с общим количеством набранных очков ($r=0,850$, $p < 0,01$), мышечная масса — с результатами в силовой гимнастике ($r=0,827$, $p < 0,01$) и лыжной гонке ($r=0,611$, $p < 0,05$). Показатели центральной гемодинамики коррелировали с результативностью в лыжном компоненте: ударный объем крови ($r=0,836$, $p < 0,01$), ударный индекс ($r=0,843$, $p < 0,01$), минутный объем крови ($r=0,704$, $p < 0,01$), сердечный индекс ($r=0,636$, $p < 0,05$). Психомоторные параметры демонстрировали отрицательную корреляцию с результатами в стрельбе: время реакции выбора ($r=-0,731$, $p < 0,01$), время реакции на звук ногой ($r=-0,512$, $p < 0,05$), и положительную — теппинг-тест рукой ($r=0,671$, $p < 0,05$).

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о закономерных морфофункциональных перестройках организма полиатлонисток в процессе многолетней спортивной подготовки, отражающих специфику адаптации к комбинированным нагрузкам аэробно-анаэробной и координационно-силовой направленности. Прогрессивное увеличение активной клеточной массы и мышечной массы на этапах многолетней подготовки соответствует концепции долговременной адаптации, сформулированной Ф.З. Меерсоном и развитой применительно к спортивной деятельности Н.А. Агаджаняном [1, с. 105]. Согласно этой концепции, систематические тренировочные воздействия индуцируют активацию синтеза нуклеиновых кислот и белков в наиболее нагруженных функциональных системах, что приводит к структурным изменениям на клеточном и органном уровнях. В.Н. Платонов отмечает, что «морфологические изменения скелетных мышц у спортсменов высокой квалификации включают гипертрофию мышечных волокон, увеличение капилляризации, повышение митохондриальной плотности и активности окислительных ферментов» [13, с. 156].

Этапность морфофункциональных изменений в процессе многолетней подготовки отражает закономерности возрастного развития и специфику адаптационных реакций на систематические тренировочные воздействия различной направленности. О.А. Ревтова подчеркивает: «Учет биологического возраста и индивидуального темпа развития спортсменок является необходимым условием рациональной организации тренировочного процесса и профилактики состояний перетренированности и дезадаптации» [14, с. 486]. Э.В. Науменко указывает на важность «системного подхода к оценке функционального состояния организма спортсменок, включающего не только морфологические и функциональные параметры, но и показатели вегетативной регуляции,

гормонального статуса и иммунной резистентности» [9]. В.Б. Иссурин отмечает, что «современная концепция спортивной подготовки предполагает использование блоковой периодизации с концентрацией специализированных нагрузок, что требует точного дозирования тренировочных воздействий на основе объективного контроля морфофункционального статуса» [5, с. 264].

Заключение

Проведенное исследование позволило установить морфофункциональные детерминанты специальной адаптации функциональных систем полиатлонисток на этапах многолетней подготовки, включающие морфологические параметры (активная клеточная масса, мышечная масса сегментов тела, силовые индексы), функциональные показатели кардиореспираторной системы (ударный и минутный объем крови, сердечный индекс, жизненная емкость легких, гипоксические пробы) и психомоторные характеристики (время сложной реакции, показатели теппинг-теста). Выявленные закономерности морфофункциональных изменений отражают специфику долговременной адаптации к комбинированным нагрузкам аэробно-анаэробной, силовой и координационной направленности, характерным для соревновательной деятельности в полиатлоне. Установленные корреляционные взаимосвязи между морфофункциональными показателями и компонентами соревновательного результата обосновывают их использование в качестве критериев специальной работоспособности и эффективности тренировочного процесса.

Практическое значение исследования заключается в возможности использования выявленных морфофункциональных детерминант для оптимизации системы многолетней подготовки полиатлонисток, включая спортивный отбор, планирование тренировочных нагрузок и текущий контроль функционального состояния. Количественные характеристики морфофункционального статуса спортсменок высшей квалификации могут служить модельными ориентирами для полиатлонисток более ранних этапов подготовки, обеспечивая целенаправленное развитие необходимых морфофункциональных предпосылок специальной работоспособности. Комплексный подход к оценке морфофункционального статуса с учетом специфики вида спорта и этапа многолетней подготовки создает объективную основу для реализации принципов индивидуализации и рационализации тренировочного процесса в полиатлоне.

Таким образом, морфофункциональные детерминанты специальной адаптации функциональных систем полиатлонисток на этапах многолетней подготовки представляют собой интегративный комплекс морфологических, функциональных и психомоторных характеристик, закономерно изменяющихся под влиянием

систематических тренировочных воздействий специфической направленности. Прогрессивное увеличение активной клеточной массы, мышечной массы, показателей кардиореспираторной системы и улучшение психомоторных параметров отражают формирование устойчивой долговременной адаптации, обеспечивающей высокую специальную работоспособность в условиях комбинированных нагрузок полиатлона. Выявленные детерминанты могут использоваться в качестве объективных критериев для управления тренировочным

процессом, индивидуализации подготовки и прогнозирования спортивной результативности полиатлонисток различных этапов многолетней спортивной подготовки. Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение биохимических и молекулярно-генетических механизмов специальной адаптации полиатлонисток, что позволит углубить понимание физиологических основ спортивного мастерства в данном виде спорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. М., 2006. 288 с.
2. Верхошанский Ю.В. На пути к научной теории и методологии спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. 1998. № 2 — С. 21.
3. Гильмутдинов Т.С. Исследование научной обоснованности соответствия условий и требований единой Всероссийской спортивной классификации для выполнения спортивных званий и разрядов в многоборьях полиатлона / Т.С. Гильмутдинов, В.А. Козлов, Н.П. Иванова // Наука и спорт: современные тенденции. 2019 — Т.7. № 2 — С. 30–39
4. Давиденко Д.Н. Методологические подходы к исследованию функциональных резервов спортсменов / Д.Н. Давиденко // Физиол. пробл. адаптации. Тарту: Минвуз СССР, 1984. С. 118–119.
5. Иссурин В.Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В.Б. Иссурин. М.: Спорт, 2016. 464 с.
6. Кейно А.Ю. Пути повышения эффективности многолетней подготовки полиатлонистов высшего спортивного мастерства / А.Ю. Кейно, Д.А. Родимкин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2018. Т.23. № 1 (171). С. 61–67.
7. Кузнецов Ю.Н. Общая теория функциональных систем как теоретико-методологическая основа педагогической системы обеспечения качества / Ю.Н. Кузнецов // Педагогика и просвещение. 2021. № 1. С. 72–80.
8. Можухин А.С. Характеристика функциональных резервов человека / А.С. Можухин // Пробл. резерв. возможностей человека. М.: Всесоюз. НИИ физ. культуры, 1982. С. 43–50.
9. Науменко Э.В. Комплексный контроль функционального состояния атлетов / Э.В. Науменко, А.Ю. Бутов, Д.Д. Дальский // Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура [Электронный ресурс]: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф., провед. в рамках Конгресса «Медицина спорта. Сочи-2012», (Сочи, 20–23 июня 2012 г.) / Волгоград. гос. ун-т. Электрон. дан. Волгоград, 2012. –1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (Дата обращения: 08.06.2021).
10. Новиков А.А. Основы спортивного мастерства: монография / А.А. Новиков. М.: Советский спорт, 2012. 256 с.
11. Норрис С. Физиология / С. Норрис, Д. Смит // Спорт. медицина. К.: Олимп. лит., 2003. С. 252–264.
12. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: учеб. для студ. вузов физ. воспитания и спорта / В.Н. Платонов. К.: Олимп. лит., 1997.
13. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое применение: учеб. для студ. вузов физ. воспитания и спорта / В.Н. Платонов. К.: Олимп. лит., 2004. 808 с.
14. Ревтова О.А. Влияние спорта на нервную систему человека. // Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования. Электронный сборник статей по материалам XLII международной студенческой научно-практической конференции. Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга», 2018. С. 482–486.
15. Судаков К.В. Физиология. Основы и функциональные системы / К.В. Судаков. М.: Медицина, 2000. 784 с.
16. Шептикина Т.С., Сентябрев, Н.Н., Шептикин, С.А. Теория функциональных систем как универсальная концепция организации спортивной подготовки / Т.С. Шептикина, Н.Н. Сентябрев, С.А. Шептикин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная реакция. 2024. Т. 9, № 1. С. 58–66.