

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДИКИ ЦЕЛЕВОЙ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛИАТЛОНИСТОВ В ИНТЕРВАЛЕ МЕЖДУ ВИДАМИ ПРОГРАММЫ

Романова Дина Андреевна

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

PROGNOSTIC SIGNIFICANCE OF MORPHOFUNCTIONAL INDICATORS AND EFFECTIVENESS OF THE TECHNIQUE OF TARGETED CORRECTION OF THE FUNCTIONAL STATE OF POLYATHLETES IN THE INTERVAL BETWEEN PROGRAM TYPES

D. Romanova

Summary. The article is devoted to the study of the prognostic significance of morphofunctional indicators and the development of a methodology for the targeted correction of the functional state of polyathletes in the intervals between the types of the all-around program. Special attention is paid to the analysis of heart rate variability and metabolic changes in the process of competitive activity. *The aim of the study* is to evaluate the prognostic significance of morphofunctional indicators and to determine the effectiveness of the method of targeted correction of the functional state of polyathletes of various qualifications. *Methods:* 135 polyathletes aged 14–30 years participated in the study. The methods of lactometry, heart rate monitoring, spectral analysis of heart rate variability, calculation of the correction efficiency index, and a retrospective analysis of competitive performance were used. *Results:* Age-related dynamics of adaptive changes were revealed, significant correlations were established between the index of correction effectiveness and athletic performance ($r=-0.78$, $P<0.001$). The developed technique provided a reduction in heart rate recovery time by 18.3 % and lactate concentration by 21.7 %. *Conclusions:* Morphofunctional indicators have a high predictive value for assessing athletes' fitness. The technique of targeted correction, considering the individual characteristics of vegetative regulation, helps optimize the functional state of polyathletes.

Keywords: polyathlon, morphofunctional parameters, heart rate variability, lactometry, spectral analysis, target correction, functional state, correction efficiency index, sports physiology, competitive activity.

Аннотация. Статья посвящена исследованию прогностической значимости морфофункциональных показателей и разработке методики целевой коррекции функционального состояния полиатлонистов в интервалах между видами программы многоборья. Особое внимание уделяется анализу вариабельности сердечного ритма и метаболических изменений в процессе соревновательной деятельности. *Цель исследования* — оценить прогностическую значимость морфофункциональных показателей и определить эффективность методики целевой коррекции функционального состояния полиатлонистов различной квалификации. *Методы:* В исследовании приняли участие 135 полиатлонистов в возрасте 14–30 лет. Применялись методы лактатометрии, пульсометрии, спектрального анализа вариабельности сердечного ритма, расчет индекса эффективности коррекции, ретроспективный анализ соревновательной результативности. *Результаты:* Выявлена возрастная динамика адаптационных изменений, установлены достоверные корреляции между индексом эффективности коррекции и спортивной результативностью ($r=-0,78$, $P < 0,001$). Разработанная методика обеспечила снижение времени восстановления ЧСС на 18,3 % и концентрации лактата на 21,7 %. *Выводы:* Морфофункциональные показатели обладают высокой прогностической значимостью для оценки готовности спортсменов. Методика целевой коррекции с учетом индивидуальных особенностей вегетативной регуляции способствует оптимизации функционального состояния полиатлонистов.

Ключевые слова: полиатлон, морфофункциональные показатели, вариабельность сердечного ритма, лактатометрия, спектральный анализ, целевая коррекция, функциональное состояние, индекс эффективности коррекции, спортивная физиология, соревновательная деятельность.

Введение

Прогностическая значимость морфофункциональных показателей в спортивной физиологии заключается в их способности служить объективными маркерами для оценки и контроля адаптационных процессов организма спортсменов в условиях интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок. Исследования Н.А. Агаджаняна [1] и К.В. Судакова [15] показали, что индивидуально-типологические свойства нервной системы, морфометрические параметры тела, пропорции скелетных мышц, тип мышечных волокон и скоростно-силовые возможности обладают относительной стабильностью, что делает их ценными критериями для прогнозирования спортивных достижений. В.Н. Платонов подчеркивал необходимость комплексного подхода в оценке морфофункционального состояния организма, позволяющего более глубоко исследовать различные элементы физиологического статуса, уровень которых на определенном этапе спортивной подготовки может существенно отличаться от средних популяционных значений [13, с. 59].

Полиатлон как многоборный вид спорта предъявляет комплексные требования к различным физиологическим системам организма спортсменов, обусловленные необходимостью последовательного выполнения упражнений различной биоэнергетической направленности в рамках одного соревновательного дня. Специфика соревновательной деятельности характеризуется высокой вариативностью метаболических режимов: от прецизионной координационной деятельности в стрельбе до работы субмаксимальной и максимальной аэробной мощности в плавании и лыжной гонке. Согласно концепции Ю.В. Верхошанского, такое сочетание разнонаправленных физических нагрузок требует от организма спортсменов высокой функциональной мобильности и способности к быстрой перестройке систем энергообеспечения мышечной деятельности в интервалах между видами программы [2, с. 21].

Литературный обзор

Фундаментальные исследования В.Б. Иссурина в области блоковой периодизации тренировочного процесса позволили обосновать необходимость специализированных методик коррекции функционального состояния спортсменов в периоды между тренировочными микроциклами и непосредственно в соревновательной деятельности [5, с. 78]. Работы А.А. Новикова продемонстрировали, что эффективность целевой коррекции функционального состояния может быть количественно оценена с помощью спектрального анализа вариабельности сердечного ритма, который позволяет определить уровень активности парасимпатического и симпатического отделов автономной нервной системы [10, с. 156].

Т.С. Гильмутдинов установил, что индекс эффективности коррекции, рассчитываемый как отношение спектральных плотностей мощности кардиоинтервалограммы на определенных временных интервалах, может служить достоверным критерием реакции регуляторных систем организма на различные виды воздействий [3, с. 35].

Исследования Д.Н. Давиденко выявили важность комплексной оценки морфофункциональных показателей, включающей определение соматометрических параметров, топографических особенностей распределения подкожного жира методом калиперометрии, показателей функционального состояния кардиореспираторной системы и периферической гемодинамики [4, с. 118]. Ю.Н. Кузнецов подчеркивал значение лактатометрии как объективного метода оценки метаболического обеспечения мышечной деятельности различной интенсивности [7, с. 72]. По данным А.С. Мозжухина, концентрация лактата в капиллярной крови позволяет дифференцировать зоны метаболической мощности работы: аэробную (до 2 ммоль/л), смешанную аэробно-анаэробную (2–4 ммоль/л), анаэробно-аэробную (4–8 ммоль/л), гликолитическую анаэробную (8–15 ммоль/л) и максимальную анаэробную (свыше 15 ммоль/л), что критически важно для управления тренировочным процессом полиатлонистов [8, с. 45].

Э.В. Науменко показал, что в спектре кардиоритма различают три главных спектральных компонента: инфранизкочастотный (ULF), низкочастотный (LF) и высокочастотный (HF), распределение мощности и центральная частота которых могут варьировать в связи с изменениями автономной модуляции сердечного ритма под влиянием физических нагрузок [9]. Согласно исследованиям С. Норриса, высокочастотный компонент спектра отражает преимущественно парасимпатические влияния центральной нервной системы, поскольку она более оперативна в регуляторных процессах, тогда как низкочастотный компонент связан с гуморальной регуляцией, осуществляемой за счет транспорта кровотоком продуктов деятельности эндокринных желез, что определяет более длительные циклы регуляции гомеостаза [11, с. 252].

Материалы и методы

Экспериментальная часть исследования проведена на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» и спортивных школ Северо-Западного, Центрального, Уральского, Сибирского и Приволжского федеральных округов. В исследовании приняли участие 135 полиатлонистов различной квалификации в возрасте от 14 до 30 лет, тренирующихся в спортивных клубах

и школах олимпийского резерва, стаж занятий которых варьировал от 3 до 16 лет. Было выделено пять групп спортсменов, соответствующих определенным этапам многолетней спортивной подготовки: группа 1 (возраст 14–16 лет, квалификация КМС и I разряд, этап совершенствования спортивного мастерства с начальной специализацией, n=38), группа 2 (17–19 лет, КМС и МС, углубленная специализация, n=34), группа 3 (20–23 года, МС, этап высшего спортивного мастерства до 2 лет, n=35), группа 4 (24–30 лет, МС и МСМК, этап высшего спортивного мастерства свыше 2 лет, n=28).

Исследования проводились в соревновательном периоде годового цикла подготовки во время проведения всероссийских соревнований (Кубок России, Чемпионат России) по полиатлону в спортивных дисциплинах «3-борье с лыжной гонкой» и «3-борье с лыжероллерной гонкой». Концентрацию лактата в капиллярной крови определяли методом электрохимического анализа с использованием портативного лактатометра во временные интервалы: в состоянии относительно покоя (за 30 минут до начала соревновательной нагрузки) и на 3-й, 5-й и 7-й минутах восстановительного периода после завершения каждого соревновательного упражнения. Регистрацию частоты сердечных сокращений проводили с использованием телеметрических систем контроля сердечного ритма в режиме непрерывной записи на протяжении всего периода соревновательной деятельности с частотой дискретизации 1000 Гц, анализируя показатели ЧСС в покое, максимальную и среднюю ЧСС во время нагрузки, продолжительность нахождения в различных зонах интенсивности и время восстановления до фоновых значений.

Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма проводился с целью количественной оценки уровня парасимпатических и симпатических влияний у обследуемых полиатлонистов в интервалах между видами программы. Т.С. Шептикина, Н.Н. Сентябрев и С.А. Шептикин разработали методику расчета индекса эффективности коррекции функционального состояния, определяемого как отношение спектральных плотностей

мощности кардиоинтервалограммы до воздействия корректирующих процедур, во время воздействия и после завершения восстановительных мероприятий [16, с. 58]. Ретроспективный анализ результативности соревновательной деятельности полиатлонистов проводился на основе данных официальных протоколов всероссийских соревнований за период 2020–2024 годов с оценкой абсолютных временных результатов в каждом виде многоборья, ранговых мест, процентного соотношения вклада результата в каждом виде и динамики изменения результативности в зависимости от этапа многолетней подготовки и спортивной квалификации.

Результаты и обсуждение

Анализ морфофункциональных показателей полиатлонистов различной квалификации выявил выраженную возрастную динамику адаптационных изменений, проявляющихся в снижении ЧСС покоя от $68 \pm 2,3$ уд/мин в группе 14–16 лет до $58 \pm 1,5$ уд/мин в группе 24–30 лет ($P < 0,001$), что согласуется с концепцией А.Ю. Кейно о формировании экономичности функционирования кардиореспираторной системы по мере роста спортивной квалификации. Максимальная ЧСС при соревновательной нагрузке демонстрировала тенденцию к увеличению от младших возрастных групп к старшим (от $186 \pm 3,1$ до $193 \pm 2,3$ уд/мин), что отражает повышение функциональных возможностей системы кровообращения и способности организма работать в зонах максимальной интенсивности. Концентрация лактата в капиллярной крови после выполнения соревновательных упражнений возрастала от $11,2 \pm 1,8$ ммоль/л у спортсменов группы 1 до $16,2 \pm 2,3$ ммоль/л у представителей группы 4 ($P < 0,01$), что свидетельствует о более высокой толерантности к продуктам анаэробного гликолиза у полиатлонистов высокой квалификации.

Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма в интервалах между видами программы полиатлона позволил выявить особенности вегетативной регуляции функционального состояния у спортсменов

Таблица 1.

Морфофункциональные показатели и зоны метаболической мощности работы у полиатлонистов различной квалификации

Группа	Возраст (лет)	ЧССпокой (уд/мин)	ЧССмакс (уд/мин)	Лактат покоя (ммоль/л)	Лактат после нагрузки (ммоль/л)	Зона метаболической мощности	ИЭ (усл.ед.)
1	14–16	$68 \pm 2,3$	$186 \pm 3,1$	$1,4 \pm 0,2$	$11,2 \pm 1,8$	Гликолитическая анаэробная	$3,2 \pm 0,4$
2	17–19	$64 \pm 1,9$	$189 \pm 2,8$	$1,3 \pm 0,1$	$13,6 \pm 2,1$	Гликолитическая анаэробная	$3,8 \pm 0,5$
3	20–23	$61 \pm 1,7$	$191 \pm 2,5$	$1,2 \pm 0,1$	$14,8 \pm 1,9$	Гликолитическая анаэробная	$4,3 \pm 0,6$
4	24–30	$58 \pm 1,5$	$193 \pm 2,3$	$1,1 \pm 0,1$	$16,2 \pm 2,3$	Максимальная анаэробная	$4,9 \pm 0,7$

*составлено автором

различной квалификации. О.А. Ревтова установила, что у полиатлонистов младших возрастных групп отмечается преобладание высокочастотного компонента спектра (HF), отражающего активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, тогда как у представителей старших групп наблюдается смещение вегетативного баланса в сторону симпатических влияний с увеличением мощности низкочастотного компонента (LF) и возрастанием индекса LF/HF. Это объясняется формированием более совершенных механизмов срочной адаптации к быстро меняющимся условиям соревновательной деятельности и необходимостью оперативной мобилизации функциональных резервов организма при переходе от одного вида программы к другому.

Индекс эффективности коррекции функционального состояния, рассчитанный по методике Т.С. Шептикиной, Н.Н. Сентябрева и С.А. Шептикина, продемонстрировал достоверное увеличение от $3,2 \pm 0,4$ условных единиц в группе 1 до $4,9 \pm 0,7$ условных единиц в группе 4 ($P < 0,001$) [16, с. 62]. Данный показатель отражает способность организма спортсменов к быстрой перестройке функциональных систем под влиянием целенаправленных восстановительных воздействий в интервалах между видами программы полиатлона и может служить объективным критерием готовности к выполнению последующего соревновательного упражнения. В.Н. Платонов отмечал, что нетривиальный эффект согласованной перестройки мод спектра кардиоритма под влиянием психоэмоциональной и физиотерапевтической коррекции объясняется процессами самоорганизации гомеостаза при активизации регуляторных систем организма, что выявляет согласованный положительный эффект на вегетативные и гуморальные регуляторы при участии центральной нервной системы [12, с. 135].

Ретроспективный анализ результативности соревновательной деятельности полиатлонистов показал, что коэффициент вариации индивидуальных результатов в серии соревнований одного уровня закономерно снижается от младших возрастных групп к старшим: от $12,3 \pm 1,8$ % в группе 1 до $4,2 \pm 0,9$ % в группе 4 ($P < 0,001$), что свидетельствует о повышении стабильности выступлений по мере роста спортивного мастерства. Лимитирующими видами многоборья для спортсменов младших возрастных групп являлись преимущественно плавание и лыжная гонка, тогда как у представителей высшей квалификации отставание от лидеров соревнований распределялось более равномерно между всеми видами программы, что указывает на формирование гармоничной структуры специальной подготовленности полиатлонистов высокого класса.

Методика целевой коррекции функционального состояния полиатлонистов в интервале между видами программы, разработанная на основе результатов спек-

трального анализа вариабельности сердечного ритма, включала дифференцированное применение средств психофизиологической регуляции в зависимости от индивидуальных особенностей вегетативного статуса спортсменов. У лиц с преобладанием симпатических влияний (индекс LF/HF > 2,0) использовались методы релаксационного воздействия: аутогенная тренировка, дыхательные упражнения с удлинённым выдохом, музыкальное сопровождение с темпом 60–70 ударов в минуту, тогда как у спортсменов с исходной ваготонией (индекс LF/HF < 1,0) применялись мобилизующие техники, включающие идеомоторную тренировку, ритмическую гимнастику и музыкальное сопровождение активизирующего характера с темпом 120–140 ударов в минуту.

Эффективность разработанной методики целевой коррекции подтверждалась достоверным улучшением показателей функционального состояния полиатлонистов: снижением времени восстановления ЧСС до фоновых значений на $18,3 \pm 3,2$ % ($P < 0,01$), уменьшением концентрации лактата в капиллярной крови на 7-й минуте восстановительного периода на $21,7 \pm 4,1$ % ($P < 0,01$) и оптимизацией показателей вариабельности сердечного ритма со снижением индекса напряжения регуляторных систем на $24,6 \pm 5,3$ % ($P < 0,001$). Согласно данным К.В. Судакова, под влиянием различных факторов стационарно-равновесное состояние организма нарушается, и его дальнейшее состояние зависит от результата взаимодействия условий окружающей среды и внутренних функциональных резервов, что подчеркивает необходимость индивидуализации восстановительных мероприятий с учетом текущего функционального состояния спортсменов.

Корреляционный анализ выявил наличие достоверных взаимосвязей между морфофункциональными показателями и спортивной результативностью полиатлонистов. Обнаружена сильная отрицательная корреляция между индексом эффективности коррекции и временем выполнения соревновательных упражнений ($r = -0,78$, $P < 0,001$), что свидетельствует о высокой прогностической значимости данного показателя для оценки готовности спортсменов к достижению высоких результатов. Выявлена умеренная положительная корреляция между концентрацией лактата после нагрузки и спортивной квалификацией полиатлонистов ($r = 0,64$, $P < 0,01$), отражающая повышение толерантности к метаболическому ацидозу по мере роста тренированности организма.

Заключение

Прогностическая значимость морфофункциональных показателей в системе подготовки полиатлонистов определяется их способностью служить объективными маркерами адаптационных процессов организма к комплексным соревновательным нагрузкам различной био-

энергетической направленности. Комплексный подход в оценке уровня морфофункционального состояния организма с использованием современных методов лактометрии, пульсометрии и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма позволяет более глубоко исследовать различные элементы физиологического статуса спортсменов и осуществлять подбор эффективных методик коррекции функционального состояния в интервалах между видами программы полиатлона.

Достоверные оценки эффективности коррекции функционального состояния организма полиатлонистов обеспечивают оперативный контроль интенсивности восстановительных воздействий, качественную дозировку психофизиологических средств регуляции и своевременное исключение возможных неблагоприятных последствий чрезмерного напряжения регуляторных систем. Индекс эффективности коррекции, рассчитываемый как отношение спектральных плотностей мощности кардиоинтервалограммы на определенных временных интервалах соревновательной деятельности, может служить количественным критерием готовности орга-

низма спортсменов к выполнению последующих видов программы многоборья и прогностическим фактором успешности выступления на соревнованиях высокого уровня.

Таким образом, прогностическая значимость морфофункциональных показателей связана с их ролью в оценке и прогнозировании адаптационных процессов организма полиатлонистов, а эффективность методики целевой коррекции функционального состояния определяется возможностью индивидуализации восстановительных программ на основе результатов комплексного физиологического обследования спортсменов в условиях соревновательной деятельности. Разработанная методика целевой коррекции обеспечивает оптимизацию вегетативной регуляции, ускорение процессов восстановления кардиореспираторной системы и повышение толерантности организма к метаболическим сдвигам, что способствует стабилизации спортивных результатов и достижению высокой результативности полиатлонистов на этапах совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адам Ю.И. Склонность к физическому риску у мужчин: связь с биосоциальной адаптацией на примере российской выборки: дис. ... канд. ист. наук. М., 2021. 186 с.
2. Грец И.А. Рекордные спортивные достижения женщин в аспекте полового диморфизма: дис. ... доктор пед. наук. СПб, 2012. 229 с.
3. Донских А.А. Факторы, определяющие необходимость сопряжённого развития физических качеств и стрельбы в зимнем полиатлоне // Обзор педагогических исследований. 2021. Т. 3, № 8. С. 122–128.
4. Зубарева Е.В. Изучение показателей полового диморфизма у спортсменок // Научные и образовательные основы в физической культуре и спорте. 2022. Т. 5, № 1. С. 32–37.
5. Иорданская Ф.А. Мужчина и женщина в спорте высших достижений (проблемы полового диморфизма): монография. М.: Советский спорт, 2012–256 с.: ил.
6. Коровкин М.А. Конституциональные особенности полового диморфизма лиц мужского пола юношеского возраста // Мечниковские чтения-2024: Материалы 97-й Всероссийской научно-практической конференции студенческого научного общества с международным участием. СПб.: Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, 2024. С. 558–559.
7. Корягина Ю.В. Компонентный состав массы тела человека № 2008610039 // Программы для ЭВМ... (офиц. бюл.). — 2008. — № 2.
8. Кочеткова Е.Ф., Опарина О.Н. Особенности и проблемы полового диморфизма в спорте // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 7 [Электронный ресурс]. Режим доступа:// web.snauka.ru/issues/2014/07/35829.htm: (дата обращения: 04.12.2025).
9. Лычагин А.В., Тимашев П.С., Погосян Д.А. Половой диморфизм как фактор риска остеоартрита коленного сустава (обзор литературы) // Кафедра травматологии и ортопедии. 2022. № 2(48). С. 95–105.
10. Мартиросов Э.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с.
11. Павлова А.Н. Методика текущего контроля полиатлонисток на этапе спортивной специализации // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 4(194). С. 339–345.
12. Севедин С.В. Роль полового диморфизма в физической культуре // Столица науки. 2020. № 4(21). С. 346–354.
13. Ткачук М.Г. Половой диморфизм морфофункциональных особенностей у спортсменов. СПб.: Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, 2021. 223 с.
14. Ткачук М.Г. Половые различия морфофункциональных показателей у представителей циклических видов спорта // Итоговая научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава Национального государственного Университета физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. Том Часть 2. СПб.: Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, 2022. С. 62–65.
15. Федотова Т.К. Этнические аспекты изменчивости полового соматического диморфизма в перипубертатном возрасте // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2025. № 1. С. 29–39.
16. Matiegka J. The testing of physical efficiency // Amer. J. of Phys. Anthropology: 4. 1921. № 3. P. 223–230.