

# Функциональное обеспечение специальной выносливости в циклических видах спорта (на материале академической гребли)

Андрей Дьяченко, Елена Лысенко, Валерий Виноградов

## АННОТАЦИЯ

**Цель.** Определить особенности и основные характеристики функционального обеспечения специальной выносливости на разных отрезках соревновательной дистанции у спортсменов высокой квалификации в циклических видах спорта.

**Методы.** Оценка физической работоспособности и реакции кардиореспираторной системы в условиях тестирующих нагрузок, методы математической статистики.

**Результаты.** Определены характеристики реакций, влияющих на работоспособность в начале, в середине и в заключительной части дистанции: анаэробного гликолитического и аэробного энергообеспечения работы, скорости развертывания потребления  $O_2$ , устойчивости кардиореспираторной системы в условиях нарастающей степени ацидоза, способности к сохранению анаэробного резерва на второй половине дистанции и его реализации при финишном ускорении.

**Заключение.** Представленные данные позволяют оценить потенциал специальной выносливости гребцов и определить специфические функциональные свойства, которые обеспечивают его реализацию в процессе соревновательной деятельности.

**Ключевые слова:** специальная выносливость, функциональные возможности, академическая гребля.

## ABSTRACT

**Objective.** To determine peculiarities and main characteristics of special endurance functional provision in highly skilled athletes of cyclic sports events at different segments of competitive distance.

**Methods.** Assessment of physical work capacity and cardiorespiratory system (CRS) response under conditions of testing loads, methods of mathematical statistics.

**Results.** Characteristics of metabolic responses and those of CRS, influencing work capacity at the beginning, middle and final part of the distance have been determined: anaerobic glycolytic (HLamax, HLa) and aerobic energy supply ( $VO_2$ ), speed of  $O_2$  intake (T50  $VO_2$ ), cardiorespiratory system stability under conditions of increased degree of acidosis (MAOD), ability to maintain anaerobic reserve at the second half of the distance and its realization during final acceleration (AOD).

**Conclusion.** Presented data permit to evaluate the potential of rowers' special endurance and to determine specific functional features, which provide its realization in the course of competitive activity.

**Key words:** special endurance, functional capacities, rowing.

**Постановка проблемы.** В фундаментальной работе «Выносливость в спорте» под редакцией Р. Шепарда, П. Астранда [27], а также в работах ведущих специалистов в области функциональной подготовки спортсменов, специализирующихся в академической гребле, показаны особенности функционального обеспечения специальной выносливости [7, 12, 14], сформированы предпосылки для дальнейшего проведения анализа ее структуры и совершенствования на этой основе средств и методов управления тренировочным процессом. Выделены факторы, определяющие высокий уровень общей и специальной выносливости спортсменов. К ним были отнесены экономичность (уровень аэробного и анаэробного порога), аэробная мощность (максимальный уровень потребления  $O_2$ ), устойчивость метаболических и функциональных реакций при выполнении работы на уровне критической мощности, скорость развертывания реакций в условиях нарастающего утомления.

В более поздний период исследования проблемы формирования выносливости в академической гребле были ориентированы на определение основных характеристик функциональных возможностей организма спортсменов, влияющих на преодоление соревновательной дистанции и выделение на этой основе ведущих систем функционального обеспечения специальной выносливости [15, 16, 19, 22, 24]. Наиболее тщательно проанализированы основные параметры кинетики и устойчивости функциональных реакций и на этой основе определены условия для более эффективной реализации аэробного и анаэробного потенциала спортсмена в течение всей соревновательной дистанции [9, 10, 13, 29]. Важным для создания подходов к формированию специальной выносливости было определение физиологических критериев, отражающих степень прогрессирующего утомления, а также особенности дыхательной компенсации нарастающей степени метаболического ацидоза [1, 3, 11, 21], что имеет важное значение для достижения высокой работоспособности спортсменов на второй половине дистанции.

Однако до настоящего времени неясно, какие именно высокоспециализированные компоненты выносливости определяют различия как эффективности прохождения отрезков соревновательной дистанции, так и достижение определенных спортивных результатов среди спортсменов высокого класса. Сформированные представления о «структуре функциональной подготовленности» в академической гребле [21, 25, 26, 28] и разработанная на их основе система тренировочных воздействий [5, 27, 29] едва ли решат проблему реализации специальной выносливости в процессе подготовки и участия элитных спортсменов в главных соревнованиях сезона. Это требует проведения исследований, которые позволят установить количественные и качественные характеристики функционального обеспечения специальной выносливости спортсменов с учетом структуры соревновательной деятельности, а также определить особенности ее проявления на разных отрезках соревновательной дистанции. Реализация такого подхода позволит дополнить систему спортивной подготовки, направленную на совершенствование специальной выносливости спортсменов в циклических видах спорта.

**Цель.** Определить особенности и основные характеристики функционального обеспечения специальной выносливости на разных отрезках соревновательной дистанции у спортсменов высокой квалификации в циклических видах спорта (на примере академической гребли).

**Методы и организация исследования.** Исследование проведено на экспериментальной базе лаборатории теории и методики спортивной подготовки и резервных возможностей спортсменов Научно-исследовательского института Национального университета физического воспитания и спорта Украины. В нем приняли участие 27 спортсменов высокой квалификации (мастера спорта, мастера спорта международного класса), члены сборной команды Украины по академической гребле (мужчины), участники чемпионатов мира и Олимпийских игр.

Использовали диагностический эрго-спирометрический комплекс «Meta Max 3B» (Cortex, Германия) для определения в реальном масштабе времени характеристик газообмена, внешнего дыхания, ацидемических сдвигов крови и физической работоспособности спортсменов во время эргометрических нагрузок, моделирующих условия прохождения разных отрезков соревновательной дистанции в академической гребле [1] с использованием протокола измерения  $\dot{V}O_{2max}$  [8], максимального аккумулированного  $O_2$ -дефицита – MAOD [18], аккумулированного  $O_2$ -дефицита при моделировании двухминутного завершающего фрагмента дистанции – AOD [1].

Показатели аэробных механизмов энергообеспечения физической работы характеризовались достигнутым уровнем  $\dot{V}O_{2max}$  и мощностью критической работы ( $W_{cr}$ ). Уровень MAOD рассчитывали на основании оценки  $O_2$ -дефицита, зарегистрированного в условиях 2 мин нагрузки (115 %  $W_{cr}$  достижения  $\dot{V}O_{2max}$ ), выполненной через 7 мин после ступенчато-возрастающего теста. Уровень AOD рассчитывали в процессе выполнения 2 мин нагрузки, выполненной через 1 мин на фоне последствия ступенчато-возрастающей нагрузки. Ступенчато-возрастающий тест выполнен «до отказа» согласно протоколу измерения  $\dot{V}O_{2max}$ . Верхний предел  $O_2$ -дефицита был определен на уровне пересечения реального наиболее высокого показателя  $\dot{V}O_2$  и условного  $\dot{V}O_{2max}$ , установленного в результате аппроксимации пиковых уровней  $\dot{V}O_2$ , достигнутых на каждой ступени ступенчато-возрастающей работы.

Рассчитывали скорость развертывания функциональных реакций по полупериоду реакции ( $T_{50, \dot{V}O_2}$ ) для частоты сердечных сокращений (ЧСС) ( $T_{50, HR}$ ), для потребления  $O_2$  ( $T_{50, \dot{V}O_2}$ ) и реакции легочной вентиляции ( $T_{50, \dot{V}_E}$ ), которая характеризует время, в течение которого, например, HR ( $\dot{V}O_2, \dot{V}_E$ ) увеличивалась на 50 % исходной перед тестом и максимально достигнутой ее величины во время выполнения [23].

Тестирование проводили на гребном эргометре «Concept-II» (США). Регистрацию ЧСС (HR, уд·мин<sup>-1</sup>) осуществляли с помощью «Sport Tester Polar» (Финляндия). Концентрацию лактата (HLA) в капиллярной крови определяли энзиматическим методом («Dr. Lange-400»), также определяли общий анаэробный потенциал (по MAOD и  $HLA_{max}$ ); объем анаэробного резерва на второй поло-

вине дистанции (по AOD); устойчивость (по времени удержания  $\dot{V}O_{2max}$ ) реакций КРС в условиях утомления; мощность системы дыхательной компенсации метаболического ацидоза (по % excess  $\dot{V}_E$ ) и скорости удаления лактата из работающих мышц (по разнице уровней HLa на 1–4 мин восстановительного периода). Учитывая, что измерения проводили в открытой системе, показатели внешнего дыхания приведены к условиям BTPS, а газообмена – к условиям STPD. Статистическую обработку результатов основных статистических показателей осуществляли с использованием компьютерной программы «Microsoft Excel», а также множественного корреляционного анализа.

Тестирование проводили после дня отдыха при стандартизованном режиме питания и питьевого режима. Спортсмены были осведомлены о содержании тестов и дали согласие на их проведение.

**Результаты исследования.** Известно, что преодоление дистанции в академической гребле характеризуется широким диапазоном изменений параметров работоспособности. Выделены периоды соревновательной дистанции, которые отличаются по количественным показателям работоспособности и специфике функционального обеспечения специальной выносливости. К ним относят специфические характеристики стартовой деятельности, когда происходит активное развертывание ведущих систем функционального обеспече-

ния, периода достижения высокой устойчивости работоспособности и уровня реакций, а также завершающей части соревновательной дистанции, которая характеризуется накоплением утомления и его влиянием на работоспособность гребцов, в том числе в процессе выполнения финишного ускорения. На рисунке 1 отчетливо видно изменение работоспособности в разные периоды прохождения соревновательной дистанции. Обращает на себя внимание увеличение диапазона индивидуальных различий в начальный период и, что особенно важно, в период нарастающей степени утомления. Они свидетельствуют об индивидуальном характере проявления важных функциональных свойств обеспечения специальной выносливости гребцов, характеризующих их способность к мобилизации функций в начале работы и компенсации утомления в условиях второй половины дистанции. Однако в системе специальной физической подготовки в академической гребле не выделены четкие критерии оценки, и как следствие, возможности управления указанными функциональными свойствами выносливости. Это подтверждают данные специальной литературы по академической гребле, которые в большей степени указывают на наличие проблемы, чем на способы ее решения [17, 20]. Поэтому становится очевидным необходимость изучения особенностей развития функциональных реакций и характера их взаимосвязи

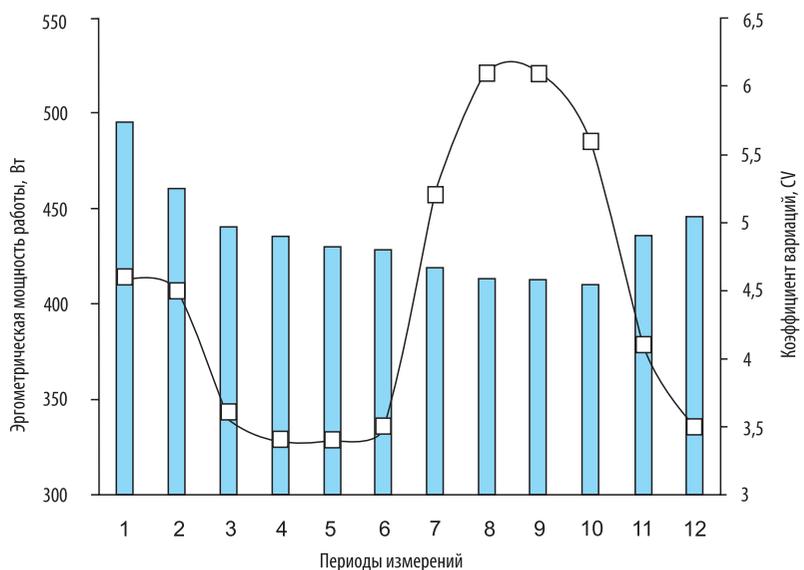


РИСУНОК 1 – Показатели работоспособности гребцов (Вт, столбики) и индивидуальных различий работоспособности (CV, линия) при выполнении тестирующей нагрузки, моделирующей условия прохождения соревновательной дистанции 2000 м. Периоды измерений: 1 – 25–30 с, 2 – 55–60 с, 3 – 85–90 с, 4 – 115–120 с, 5 – 145–150 с, 6 – 175–180 с, 7 – 205–210 с, 8 – 235–240 с, 9 – 265–270 с, 10 – 300–310 с, 11 – 330–345 с, 12 – 355–360 с

(интеграции) на разных отрезках соревновательной дистанции.

Анализ содержательно отличающихся отрезков соревновательной дистанции с использованием эргометрических и физиологических характеристик позволил установить количественные и качественные характеристики, которые определяют структуру специальной выносливости и влияют на работоспособность гребцов на отдельных отрезках и на соревновательной дистанции в целом. Важным элементом было определение взаимосвязи работоспособности с характеристиками функциональных возможностей, которые определяют эффективность преодоления конкретной части дистанции, а также влияют на эффективность функционального обеспечения выносливости на последующих ее отрезках.

Использование множественного корреляционного анализа позволило определить наиболее важные характеристики реакций метаболических и кардиореспираторной системы (КРС), которые способствуют проявлению специальной выносливости спортсменов на разных отрезках соревновательной дистанции. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Так, на начальном отрезке соревновательной дистанции наибольшее значение для достижения высокого уровня работоспособности и специальной выносливости имеет реализация анаэробного, а затем и аэробного потенциала организма спортсмена. Это подтверждается наибольшей степенью множественной корреляционной связи ( $R=0,90$ ) для триады  $W_{mean}-\dot{V}O_2-MAOD$ , а также триад  $W_{mean}-HLa-\Delta HLa$  ( $R=0,84$ )

и  $W_{mean}-MAOD-\Delta HLa$  ( $R=0,83$ ). Большой уровень развиваемой мощности работы ( $W_{mean}$ ) сочетается с более высокой величиной максимального аккумулированного  $O_2$ -дефицита ( $W_{mean}$  с  $MAOD$   $r=0,56$ ,  $p<0,05$ ) и уровнем активности анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении работы ( $HLa$   $r=0,55$ ,  $p<0,05$ ). Несколько меньшая зависимость развиваемой мощности работы отмечается с достигнутым уровнем потребления  $O_2$  в этот период ( $W_{mean}$  с  $\dot{V}O_2$   $r=0,45$ ,  $p<0,05$ ).

Таким образом, чем выше активность анаэробных процессов в энергообеспечении в сочетании с высокой подвижностью аэробных, тем выше уровень развиваемой мощности работы на начальном отрезке дистанции. В этих условиях скорость развертывания метаболических и функциональных реакций приобретает определенное значение: чем выше скорость увеличения уровня легочной вентиляции по полупериоду реакции ( $T_{50}$  с), тем быстрее достигается высокий уровень дистанционного потребления  $O_2$  ( $T_{50}$  с  $\dot{V}O_2$   $r=-0,57$ ,  $p<0,05$ ) и меньшая величина максимального аккумулированного  $O_2$ -дефицита ( $\dot{V}O_2$  с  $MAOD$   $r=-0,41$ ,  $p<0,05$ ). При этом достигнутый уровень активности анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении способствует активизации аэробных процессов и деятельности кардиореспираторной системы.

Выявлена обратная корреляционная зависимость концентрации лактата с полупериодом реакции для легочной вентиляции ( $HLa$  с  $T_{50}$  с  $r=-0,44$ ,  $p<0,05$ ) и прямая – с достигнутым уровнем потребления  $O_2$  ( $HLa$  с  $\dot{V}O_2$   $r=0,44$ ,  $p<0,05$ ). Таким образом, чем выше уровень активности анаэробных процессов в энергообеспечении начальной части дистанции, тем выше скорость развертывания аэробных процессов и функциональных реакций и, как результат, достигается больший уровень дистанционного потребления  $O_2$  в этот период. Это подтверждает еще мобилизующую роль нарастающей степени ацидоза для скорости развертывания аэробных процессов в начале работы и достижения большего уровня аэробной мощности.

Таким образом, на начальном отрезке соревновательной дистанции для проявления специальной выносливости спортсменов ведущее значение имеет такой уровень активности анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении работы, который будет способствовать мобилизации

ТАБЛИЦА 1 – Множественные (R) и соответствующие им простые (r) корреляционные связи показателей физической работоспособности, реакций метаболических и кардиореспираторной системы при выполнении тестирующих нагрузок, моделирующих условия прохождения разных отрезков соревновательной дистанции (n = 27, r > 0,381, p < 0,05)

Показатель	Значение коэффициентов корреляции			
	R x, y, z	r		
		x, y	x, z	y, z
Начальная часть дистанции				
W mean (x), $\dot{V}O_2$ (y), MAOD (z)	0,90	0,45	0,56	-0,41
W mean (x), HLa(y), $\Delta HLa$ (z)	0,84	0,55	-0,41	0,45
W mean (x), MAOD(y), $\Delta HLa$ (z)	0,83	0,56	-0,41	0,31
$\dot{V}O_2$ (x), HLa (y), % excess $\dot{V}E$ (z)	0,71	0,44	0,31	-0,44
W mean (x), $\dot{V}O_2$ (y), HLa (z)	0,61	0,45	0,55	0,44
$\dot{V}O_2$ (x), HLa (y), $T_{50}$ $\dot{V}E$ (z)	0,60	0,44	-0,57	-0,44
Середина дистанции				
T-Wcr (x), $\dot{V}O_2$ (y), $T_{50}$ $\dot{V}E$ (z)	0,82	0,45	0,39	-0,47
T-Wcr (x), MAOD (y), $\Delta HLa$ (z)	0,77	0,46	-0,45	0,30
T-Wcr (x), HLa (y), $\Delta HLa$ (z)	0,76	0,44	-0,45	0,33
T-Wcr (x), $\dot{V}O_2$ (y), $T_{50}$ $\dot{V}O_2$ (z)	0,74	0,45	0,31	-0,49
T-Wcr (x), $\dot{V}O_2$ (y), $T_{50}$ HR (z)	0,74	0,45	0,30	-0,47
$\dot{V}O_2$ (x), MAOD (y), $\Delta HLa$ (z)	0,72	0,46	-0,39	0,30
T- $\dot{V}O_2$ max (x), MAOD (y), $\Delta HLa$ (z)	0,72	0,41	-0,45	0,30
$\dot{V}O_2$ (x), HLa (y), $\Delta HLa$ (z)	0,71	0,44	-0,39	0,33
T- $\dot{V}O_2$ max (x), HLa (y), $\Delta HLa$ (z)	0,67	0,33	-0,45	0,33
T- $\dot{V}O_2$ max (x), MAOD (y), $T_{50}$ $\dot{V}E$ (z)	0,62	0,41	-0,32	0,33
T- $\dot{V}O_2$ max (x), HLa (y), $T_{50}$ $\dot{V}E$ (z)	0,61	0,33	-0,39	0,31
Вторая половина дистанции				
W mean (x), La max (y), $\Delta HLa$ (z)	0,86	0,31	-0,27	0,33
W mean (x), AOD (y), T«плато» $\dot{V}O_2$ max (z)	0,80	0,37	0,57	-0,30
W mean (x), HLa (y), T«плато» $\dot{V}O_2$ max (z)	0,77	0,31	0,57	-0,34
W mean (x), HLa (y), $O_2$ -d (z)	0,71	0,31	-0,42	0,49
W mean (x), AOD (y), % excess $\dot{V}E$ (z)	0,61	0,37	0,59	0,39
W mean (x), AOD (y), $\Delta HLa$	0,51	0,37	-0,27	0,22

аэробных процессов и высокой скорости развертывания функциональных реакций и, как результат, достижению субмаксимальных уровней аэробной мощности в этот период.

Результаты множественного корреляционного анализа на **среднем отрезке** соревновательной дистанции позволили выделить наибольшую степень влияния на проявление специальной выносливости в этот период триады время удержания критической мощности работы–уровень дистанционного потребления  $O_2$ –полупериод реакции для уровня легочной вентиляции ( $T-Wcr-\dot{V}O_{2-T_{50}}-\dot{V}_E$ ,  $r=0,82$ ) (см. табл. 1). Меньшая степень влияния на проявление специальной выносливости и времени удержания критической мощности работы отмечается для основных характеристик активности анаэробных процессов ( $T-Wcr-MAOD-\Delta HLa$   $r=0,77$ ;  $T-Wcr-HLa-\Delta HLa$   $r=0,76$ ). При этом, чем больше по времени она удерживается, тем отмечается более выраженная степень ацидоза, что и подтверждается прямой зависимостью  $T-Wcr$  с  $HLa$  ( $r=0,46$ ,  $p<0,05$ ) и  $MAOD$  ( $r=0,44$ ,  $p<0,05$ ).

Одновременно показано значение оптимизации уровня мощности анаэробного гликолитического энергообеспечения на уровне, который поддерживает силовые характеристики физической работы. Это формирует условия для предотвращения значительного закисления работающих мышц и эффективной компенсации метаболического ацидоза буферными системами крови и системой дыхания (выведение избыточного  $CO_2$ ). Реализация этих условий позволит увеличить длительность фазы устойчивой работоспособности без заметного снижения мощности работы и эффективности ее выполнения, что характерно для большей части второй половины соревновательной дистанции.

Достижение большего уровня дистанционного потребления  $O_2$  на среднем отрезке соревновательной дистанции сопровождается большей активностью анаэробных процессов в энергообеспечении (по  $HLa$  и  $MAOD$ ). Следует отметить: результаты анализа показали, что условием эффективного обеспечения работоспособности и проявления специальной выносливости на среднем отрезке дистанции является высокая скорость развертывания функциональных реакций в начале работы, способствующая достижению более высокого уровня дистанционного потребления  $O_2$ , который сопровождается

большой подвижностью функциональных реакций по полупериоду реакции ( $T_{50}$ ) для  $HR$  ( $r=-0,47$ ,  $p<0,05$ ),  $\dot{V}O_2$  ( $r=-0,49$ ,  $p<0,05$ ) и  $\dot{V}_E$  ( $r=-0,47$ ,  $p<0,05$ ).

Таким образом, на среднем отрезке соревновательной дистанции для проявления специальной выносливости спортсменов ведущее значение имеет время удержания критической мощности работы, которое, в свою очередь, зависит от достижения высокого дистанционного уровня потребления  $O_2$ , а также способности его удерживать при нарастающей степени ацидоза и прогрессирующем утомлении, т. е. от устойчивости энергетических и метаболических реакций к нарастающей степени ацидоза. При этом, высокая подвижность (скорость развертывания) метаболических и функциональных реакций на начальном отрезке соревновательной дистанции способствует более высокой степени реализации аэробной мощности на среднем.

Результаты анализа **второй половины дистанции** и финишного ускорения подтвердили известные представления о роли анаэробного энергообеспечения в условиях нарастающей степени утомления в циклических видах спорта. Они связаны с сохранением анаэробного резерва и его рациональным использованием в условиях второй половины дистанции. Представленные данные свидетельствуют о высокой степени множественной связи ( $r=0,86$ ;  $r=0,80$ ) развиваемой мощности работы в этот период с основными характеристиками активности анаэробных процессов ( $AOD$   $r=0,37$ ;  $HLa$   $r=0,31$ ), а также временем удержания максимального уровня потребления  $O_2$  (Т «плато»  $\dot{V}O_{2max}$   $r=0,57$ ,  $p<0,05$ ).

Большее влияние на проявление специальной выносливости в этот период оказывает активность анаэробных процессов в энергообеспечении и степень выраженности ацидоза. Однако для достижения высокой работоспособности спортсмена ( $Wmean$ ) на данном отрезке дистанции большее значение имеют время удержания достигнутого околорезервного уровня  $\dot{V}O_2$  (Т «плато»  $\dot{V}O_{2max}$   $r=0,57$ ,  $p<0,05$ ) и уровень избыточной легочной вентиляции (% excess  $\dot{V}_E$   $r=0,59$ ,  $p<0,05$ ), которая способствует дыхательной компенсации нарастающей степени ацидоза. При этом, чем выше вклад анаэробных процессов в энергообеспечение, тем меньше в этот период время удержания дистанционного потребления  $O_2$  (Т «пла-

то»  $\dot{V}O_{2max}$  с  $AOD$   $r=-0,30$  и с  $HLa$   $r=-0,34$ ,  $p>0,05$ ). Меньший уровень развиваемой мощности работы сочетается с большим уровнем  $O_2$ -долга ( $Wmean$  с  $O_2-d$   $r=-0,42$ ,  $p<0,05$ ), что также свидетельствует в пользу большего уровня  $\dot{V}O_2$  для достижения большей мощности работы на заключительном отрезке соревновательной дистанции.

Наличие большого количества связей характеристик реакции КРС с участием  $AOD$  и  $HLa$  подтверждает роль кинетики реакций КРС для увеличения эффективности реализации анаэробного потенциала организма и, как следствие, увеличения компенсаторных функций в условиях нарастающей степени ацидоза и работоспособности спортсменов-гребцов. Приведенные данные об активности анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении соревновательной дистанции, а также анализ преодоления ее начального отрезка свидетельствуют, что эффективная реализация анаэробного потенциала связана с оптимальным уровнем активизации гликолитического метаболизма, который является наиболее оптимальным для конкретного отрезка дистанции, не угнетающего аэробные процессы и скорость развертывания реакции КРС. При обосновании необходимости учета этих факторов в системе подготовки гребцов способы управления процессами в должной мере не используются.

Приоритетным в практическом решении этого вопроса остается использование фармакологии. Часто применяется и направленное регулирование интенсивности нагрузки, которое связано с искусственным торможением мощности анаэробных процессов за счет заданного снижения интенсивности гребли (в большей степени необоснованного) на отдельных отрезках дистанции, как правило, в начале соревновательной деятельности, что приводит к снижению текущей и, как следствие, средней мощности работы и, соответственно, к снижению спортивного результата.

В результате систематизации и обобщения полученных данных множественного корреляционного анализа представлены обобщенные характеристики функционального обеспечения специальной выносливости (табл. 2). На их основе определены целевые установки для формирования специализированной направленности оценки и средств функциональной подготовки гребцов. В специальной литературе представлен

ТАБЛИЦА 2 – Количественные и качественные характеристики функционального обеспечения специальной выносливости гребцов (n=27)

Показатель	Компонент функционального обеспечения	x±SD
Мощность. Аэробный и анаэробный потенциал	Аэробная мощность – $\dot{V}O_2\max$ , мл·мин <sup>-1</sup> ·кг <sup>-1</sup>	79,3±0,5
	Анаэробная мощность – HLa max, ммоль·л <sup>-1</sup>	19,9±0,2
	Анаэробный потенциал – максимальный аккумулированный O <sub>2</sub> -дефицит (MAOD), достигнутый в стандартных условиях 115 % $\dot{V}O_2\max$ , мл·кг <sup>-1</sup> *	56,0±2,5
Кинетика функциональных реакций	Скорость развертывания аэробного энергообеспечения – $T_{50} \dot{V}_E$ , с	28,9±2,3
	Скорость развертывания легочной вентиляции (реактивные свойства системы дыхания) – $T_{50} \dot{V}_E$ , с	26,2±2,8
	Способность к быстрой утилизации лактата – ΔHLa (разница лактата на 1-й и 4-й минутах периода восстановления) **	2,1±0,4
	Подвижность реакции КРС в условиях нарастающего утомления – реакция образования избыточной вентиляции, % excess $\dot{V}_E$	16,4±4,9
Устойчивость функциональных реакций	Характеристика аэробного энергообеспечения в динамических режимах нагрузки дистанционного и финишного отрезков соревновательной дистанции и переходом между ними – длительность “плато” $\dot{V}O_2$ , с	21,3±2,5
	Реализация анаэробного потенциала применительно к нагрузкам соревновательного характера (реализация анаэробного потенциала на второй половине дистанции) – аккумулированный кислородный дефицит (AOD) в модельных условиях второй половины дистанции, мл·кг <sup>-1</sup>	31,3±9,7

\* – показатели MAOD зарегистрированы в специальном тесте для измерения аккумулированного O<sub>2</sub>-дефицита при мощности нагрузки 115 %  $\dot{V}O_2\max$  [18];

\*\* – показатели разницы уровня концентрации лактата 1–4 мин периода восстановления зарегистрированы после одноминутного теста, выполненного с максимальной интенсивностью

комплексный подход, в основе которого лежат специализированные средства тренировки, направленные на совершенствование разных сторон проявления мощности, кинетики, устойчивости реакций, а также факторов эффективности компенсации метаболического ацидоза [1, 5, 6].

**Результаты исследования.** Впервые структура специальной выносливости сформирована с учетом различий функционального обеспечения компонентов соревновательной дистанции: старта, середины дистанции, второй половины дистанции. Это позволило выделить количественные и качественные характеристики специальной выносливости и создать предпосылки для формирования специализированной направленности специальной физической подготовки гребцов. Также получены новые данные относительно характеристик реакций метаболических и кардиореспираторной системы, которые влияют на уровень работоспособности в начале, в середине и в заключительной части дистанции. К ним относят характеристики метаболических

процессов – анаэробного гликолитического (HLa<sub>max</sub>, ΔHLa) и аэробного энергообеспечения работы ( $\dot{V}O_2$ ), устойчивости кардиореспираторной системы в условиях нарастающей степени ацидоза (MAOD), способности к сохранению анаэробного резерва на второй половине дистанции и его реализации в завершающей фазе (при финишном ускорении) соревновательной деятельности (AOD).

Одновременно засвидетельствовано значение показателей, которые определяют способность к эффективной реализации имеющегося функционального потенциала в процессе прохождения соревновательной дистанции. Известно, что работоспособность гребцов в течение всей соревновательной дистанции зависит от способности достигать высокого уровня метаболических реакций и устойчивости КРС к нарастающим ацидемическим сдвигам. Это является одним из условий поддержания высокого уровня работоспособности в условиях накопления утомления, в том числе и преодоления состояния повышенного ацидоза («мертвой точки»), характерного для периода прохож-

дения третьего 500-метрового отрезка дистанции.

Одним из критериев эффективной функциональной подготовленности гребцов, с учетом реализации указанных компонентов специальной выносливости, является высокая скорость развертывания реакций в начальной части работы. С точки зрения оценки эффективности функционального обеспечения старта эти процессы существенной роли не имеют, вместе с тем необходимо учитывать, что быстрое развертывание потребления O<sub>2</sub> ( $T_{50} \dot{V}O_2$ ) влияет на достижение высокого уровня  $\dot{V}O_2$  в середине дистанции и увеличивает долю эффективного аэробного энергообеспечения в общем энергобалансе выполняемой работы.

При этом необходимо подчеркнуть роль реакции легочной вентиляции. Подвижность ее во многом характеризует специфические реактивные свойства организма во время прохождения отрезков на дистанции 2000 м, и, как следствие, способствует реализации имеющегося потенциала специальной выносливости гребцов. Степень развертывания реакции легочной вентиляции ( $T_{50} \dot{V}_E$ ) отражает способность организма спортсменов к мобилизации функций, быстрому достижению высоких уровней метаболических и функциональных реакций. Одновременно показано, что высокая начальная кинетика легочной вентиляции увеличивает возможности дыхательной компенсации метаболического ацидоза (% excess  $\dot{V}_E$ ), влияние которого наиболее ощутимо во время прохождения второй половины дистанции. Подвижность реакции отражает специфические реактивные свойства КРС, которые влияют на функциональное обеспечение специальной выносливости в условиях переменных режимов работы, типичных для соревновательной деятельности гребцов, а также его устойчивость при накоплении утомления в завершающей фазе преодоления дистанции.

Приведенный анализ свидетельствует о наличии высокой степени взаимосвязи аэробных и анаэробных процессов. От степени их взаимодействия во многом зависят эффективность функционального обеспечения выносливости и высокий уровень работоспособности в разные периоды преодоления дистанции. Наличие аэробного и анаэробного потенциала должно быть подтверждено высоким уровнем способности организма к рациональному использованию анаэробного резерва в течение всей дистанции, что свя-

зано с оптимальной (достаточной) мобилизацией функции в первой половине дистанции, сохранением и реализацией анаэробного резерва на второй половине дистанции в процессе выполнения финишного ускорения. Во многом это зависит от способности организма к высокой скорости удаления молочной кислоты из работающих мышц в кровь ( $\Delta\text{HLa}$ ), поддержания более длительное время стимулирующего уровня лактат-ацидоза [4].

Увеличение доли аэробного энергообеспечения в начале и в середине дистанции, сохранение анаэробного резерва на второй половине дистанции способствуют эффективному метаболическому обеспечению специальной работоспособности. Условием реализации этих процессов являются достижение и оптимизация реактивных свойств организма в соответствии с эргометрическими характеристиками соревновательной деятельности гребцов и тактическими вариациями скорости гребли на дистанции. Информативным маркером высоких реактивных свойств организма в процессе соревновательных нагрузок в академической гребле выступает значительный уровень устойчивости и подвижности реакций КРС в начале дистанции и в условиях нарастающей степени утомления [2].

Представленные данные позволят оценить не только потенциал специальной выносливости гребцов, но и специфические функциональные свойства, которые обеспечивают его реализацию в процессе соревновательной деятельности. Увеличение информативности оценки специальной выносливости увеличивает возможности реализации контроля как функции управления тренировочным процессом в академической гребле. Они формируют новые возможности для разработки и применения тренировочных средств, направленных на увеличение специфических реактивных возможностей спортсменов, которые могут быть органически интегрированы в систему спортивной тренировки гребцов с учетом сниженных сторон специальной выносливости, а также сторон реактивных свойств КРС.

**Выводы**

Выделены периоды соревновательной дистанции, которые отличаются по количественным показателям работоспособности и специфике функционального обеспечения специальной выносливости. К ним относят специфические характеристики стартовой деятельности, когда происходит активное развертывание реакций ведущих систем функционального обеспечения, периода достижения высокой устойчивости работоспособности

и удержание эффективного уровня реакций, а также завершающей части соревновательной дистанции, которая характеризуется накоплением утомления и его влиянием на работоспособность гребцов, в том числе в процессе выполнения финишного ускорения.

Определены характеристики метаболических реакций и реакций кардиореспираторной системы, влияющих на уровень работоспособности в начале, в середине и в заключительной части дистанции. К ним относят характеристики метаболических процессов – анаэробного гликолитического ( $\text{HLa}_{\text{max}}$ ,  $\Delta\text{HLa}$ ) и аэробного энергообеспечения ( $\dot{V}\text{O}_2$ ), скорости развертывания потребления  $\text{O}_2$  ( $T_{50}$ ,  $\dot{V}\text{O}_2$ ), устойчивости кардиореспираторной системы в условиях нарастающей степени ацидоза (% excess  $\dot{V}_E$ , MAOD), способности к сохранению анаэробного резерва на второй половине дистанции и его реализации в завершающей фазе (при финишном ускорении) соревновательной деятельности (AOD).

Приведенные количественные и качественные характеристики функционального обеспечения соревновательной деятельности в академической гребле дали основания для совершенствования специализированной направленности специальной физической подготовки гребцов высокой квалификации.

**Литература**

1. Дьяченко А. Ю. Совершенствование специальной выносливости квалифицированных спортсменов в академической гребле / А. Ю. Дьяченко. – К.: НПФ «Славутич-Дельфин». – 2004. – 338 с.
2. Лисенко О. М. Зміни фізіологічної реактивності дихальної системи на зрушення дихального гомеостазу при застосуванні комплексу засобів стимуляції працездатності / О. М. Лисенко // Фізіол. журн. – 2012. – Т. 58, №5. – С. 70–77.
3. Лисенко О. М. Оптимізація фізіологічної реактивності системи дихання в процесі адаптації до напруженої м'язової діяльності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук.: спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / О. М. Лисенко – К., 2013. – 43 с.
4. Мищенко В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте: монография / Мищенко В. С., Лысенко Е. Н., Виноградов В. Е. – К.: Наук. світ, 2007. – 351 с.
5. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. – К.: Олимп. лит., 2004. – 327–352 с.
6. Платонов В. Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение / В. Н. Платонов. – К.: Олимп. лит. – 2013. – 624 с.
7. Тейлор А. У. Тестирование вероятности достижения успеха и методы отбора в национальную команду Канады / Тейлор А. У., Патерсон Д. Х., Морроу А. Г. [и др.]. // Наука в олимп. спорте. – 1998. – № 3. – С. 46–52.
8. Физиологическое тестирование спортсменов высокого класса: [научно-практическое рук. / науч. ред. МакДугал Дж. Д., Уэнгер Г. Э., Грин Г. Дж.]. – К.: Олимп. лит., 1998. – 431 с.
9. Bazzucchi I. Cardio-respiratory and electromyographic responses to ergometer and on-water rowing in elite rowers / Bazzucchi I., Sbriccoli P., Nicolò A. [et al.]. // Eur J Appl Physiol. – 2013. – 113(5). – P. 1271–1277.

**References**

1. Diachenko A. Y. Improvement of special endurance of skilled athletes in rowing / A. Y Diachenko. – Kiev: NPF «Slavutich-Delfin». – 2004. – 338 p.
2. Lysenko O. M. Changes of respiratory system physiological reactivity to respiratory homeostasis shifts during application of the complex of means for work capacity stimulation / O. M. Lysenko // Fiziologichny zhurnal. – 2012. – Vol. 58, N 5. – P. 70–77.
3. Lysenko O. M. Optimization of respiratory system physiological reactivity during adaptation to strenuous muscular activity: author's abstract for Doct. of Biol. Sci.: spec. 03.00.13 «human and animal physiology» / O. M. Lysenko – Kyiv, 2013. – 43 p.
4. Mishchenko V. S. Reactive features of cardiorespiratory system as the reflection of adaptation to strenuous physical training in sport: monograph / Mishchenko V. S., Lysenko Y. N., Vinogradov V. E. – Kiev: Naukovyi svit, 2007. – 351 p.
5. Platonov V. N. System of athletes' preparation in the Olympic sport / V. N. Platonov. – Kiev: «Olimpiyskaya literature», 2004. – 327–352 p.
6. Platonov V. N. Sports training periodization. General theory and its practical application / V. N. Platonov. – Kiev: Olimp. lit. – 2013. – 624 p.
7. Taylor A. W. Testing probability of achieving success and methods of selection to national team of Canada / Taylor A. W., Paterson D. H., Morrow A. G. [et al.] // Nauka v olimpiyskom sporте. – 1998. – N 3. – P. 46–52.
8. Physiological testing of top level athletes: [scientific and practical guide / ed. by McDougal, J. D., Wenger G. E., Green G. J.]. -Kiev: Olimp. lit., 1998. – 431 p.
9. Bazzucchi I. Cardio-respiratory and electromyographic responses to ergometer and on-water rowing in elite rowers / Bazzucchi I., Sbriccoli P., Nicolò A. [at all.]. // Eur J Appl. Physiol. – 2013. – 113(5). – P. 1271–1277.
10. Bourdin M. Peak power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers / Bourdin M., Messonnier L., Hager J-P., Lacour J-R. // Int J Sports Med. – 2004. – 25. – P. 368–373.

10. Bourdin M. Peak power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers / Bourdin M., Messonnier L., Hager J-P., Lacour J-R. // *Int J Sports Med.* – 2004. – 25. – P. 368–373.
11. Bourdin M. Laboratory blood lactate profile is suited to on water training monitoring in highly trained rowers / Bourdin M., Messonnier L., Lacour J. // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2004. – 44. – P. 337–341.
12. Bourgois J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold / Bourgois, J., Vrijens, J. // *Europ. J. of Appl. Physiol., Berlin.* – 1998. – 77, 1–2. – S. 164–169.
13. Hao Wu. Effects of Respiratory Muscle Training on the Aerobic Capacity and Hormones of Elite Rowers before Olympic Games / Hao Wu; Xing Huang; Bing Li Jian. // *Medicine & Science in Sports & Exercise.* – 2010. – 42(5). – P. 695.
14. Hartmann U. Modeling metabolic conditions in rowing through post-exercise simulation / Hartmann U., Mader A. – FISA, Coach, Cologne, 1993. – Vol. 4. – N. 4. – P. 1–15.
15. Lacour J. R. The leveling-off of oxygen uptake is related to blood lactate accumulation. Retrospective study of 94 elite rowers / J. R. Lacour, L. Messonnier, M. Bourdin // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2007. – 101. – P. 241–247.
16. Lacour J. R. Physiological correlates of performance. Case study of a world-class rower / L. Messonnier, M. Bourdin // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2009. – 106 (3). – P. 407–413.
17. Monitoring of performance and training in rowing / J. Maestu, J. Jurimae, T. & Jurimae // *Sports Medicine.* – 2005. – 35. – P. 597–617.
18. Melbo J. Is the maximal accumulated oxygen deficit on adequate measure of the anaerobic capacity? / J. Melbo // *Can. J. Appl. Physiol.* – 1996. – N 21. – P. 370–383.
19. Messonnier L. Time to exhaustion at  $VO_{2max}$  is related to the lactate exchange and removal abilities / L. Messonnier, H. Freund, C. Denis [et. all.] // *Int J Sports Med.* – 2002. – 23. – P. 433–438.
20. Mikulic P. Does 2000-m rowing ergometer performance time correlate with final rankings at the World Junior Rowing Championship? A case study of 398 elite junior rowers / P. Mikulic, T. Smoljanovic, I. Bojanic [et al.] // *J. of Sports Sciences.* – 2009a. – 27(4). – P. 361–366.
21. Mishchenko V. Individualities of Cardiorespiratory Responsiveness to Shifts in Respiratory Homeostasis and Physical Exercise in Homogeneous Groups of High Performance Athletes / V. Mishchenko, A. Diachenko, O. Shynkaruk [et al.] // *Balnic J. of Health and Physical Activity.* – 2010. – Vol. 2, N 1. – P. 13–29.
22. Muehlbauer T. Pacing patterns in competitive rowing adopted in different race categories / Muehlbauer T., Melges T. // *J. Strength Cond. Res.* – 2011. – May; 25(5). – P. 1293–1298.
23. Murgatroyd S. R. Pulmonary  $O_2$  uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans / S. R. Murgatroyd, C. Ferguson, S. A. Ward [et al.] // *J. Appl. Physiol.* – 2011. – 110. – P. 1598–1606.
24. Nevill A. M. Scaling concept II rowing ergometer performance for differences in body mass to better reflect rowing in water / A. M. Nevill, C. Beech, R. L. Holder, M. Wyon // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2010. – Feb; 20(1). – P. 122–127.
25. Physiological tests for elite athletes / Christopher J. Gore, editor. – Australian Sports Commission. – 2000. – 403 p.
26. Russell A. P. Prediction of elite schoolboy 2000 m rowing ergometric performance from metabolic, anthropometric and strength variables / A. P. Russell, P. F. Le Rossignol, W. A. Sparrow // *J. Sports. Sci.* – 1998. – 16. – P. 749–54.
27. Secher N. H. Rowing / N. H. Secher // In «Endurance in sport» R. J. Shephard & P. O. Astrand (Eds.). – Oxford: Blackwell Science, 2000. – P. 836–843.
28. Shephard R. J. Science and medicine of rowing: A review / R. J. Shephard // *J. of Sport Sci.* – 1998. – Vol. 16. – P. 603–620.
29. Tomiak T. Theoretical-methodical bases of special endurance perfection in high performance rowers / T. Tomiak – AWFIS. Gdansk, 2008. – 171 p.
11. Bourdin M. Laboratory blood lactate profile is suited to on water training monitoring in highly trained rowers / Bourdin M., Messonnier L., Lacour J. // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2004. – 44. – P. 337–341.
12. Bourgois J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold / Bourgois, J., Vrijens, J. // *Europ. J. of Appl. Physiol., Berlin.* – 1998. – 77, 1–2. – S. 164–169.
13. Hao Wu. Effects of Respiratory Muscle Training on the Aerobic Capacity and Hormones of Elite Rowers before Olympic Games / Hao Wu; Xing Huang; Bing Li Jian. // *Medicine & Sci. in Sports & Exercise.* – 2010. – 42(5). – P. 695.
14. Hartmann U. Modeling metabolic conditions in rowing through post-exercise simulation / Hartmann U., Mader A. – FISA, Coach, Cologne, 1993. – Vol. 4, N 4. – P. 1–15.
15. Lacour J. R. The leveling-off of oxygen uptake is related to blood lactate accumulation. Retrospective study of 94 elite rowers / J. R. Lacour, L. Messonnier, M. Bourdin // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2007. – 101. – P. 241–247.
16. Lacour J. R., Physiological correlates of performance. Case study of a world-class rower / L. Messonnier, M. Bourdin // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2009. – 106 (3). – P. 407–413.
17. Monitoring of performance and training in rowing / J. Maestu, J. Jurimae, T. & Jurimae // *Sports Medicine.* – 2005. – 35. – P. 597–617.
18. Melbo J. Is the maximal accumulated oxygen deficit on adequate measure of the anaerobic capacity? / J. Melbo // *Can. J. Appl. Physiol.* – 1996. – N 21. – P. 370–383.
19. Messonnier L. Time to exhaustion at  $VO_{2max}$  is related to the lactate exchange and removal abilities / L. Messonnier, H. Freund, C. Denis [et. all.] // *Int J Sports Med.* – 2002. – 23. – P. 433–438.
20. Mikulic P. Does 2000-m rowing ergometer performance time correlate with final rankings at the World Junior Rowing Championship? A case study of 398 elite junior rowers / P. Mikulic, T. Smoljanovic, I. Bojanic [et al.] // *Journal of Sports Sciences.* – 2009a. – 27(4). – P. 361–366.
21. Mishchenko V. Individualities of Cardiorespiratory Responsiveness to Shifts in Respiratory Homeostasis and Physical Exercise in Homogeneous Groups of High Performance Athletes / V. Mishchenko, A. Diachenko, O. Shynkaruk [et al.] // *Balnic J. of Health and Physical Activity.* – 2010. – Vol. 2, N 1. – P. 13–29.
22. Muehlbauer T. Pacing patterns in competitive rowing adopted in different race categories / Muehlbauer T., Melges T. // *J. Strength Cond. Res.* – 2011. – May; 25(5). – P. 1293–1298.
23. Murgatroyd S. R. Pulmonary  $O_2$  uptake kinetics as a determinant of high-intensity exercise tolerance in humans / S. R. Murgatroyd, C. Ferguson, S. A. Ward [et al.] // *J. Appl. Physiol.* – 2011. – 110. – P. 1598–1606.
24. Nevill A. M. Scaling concept II rowing ergometer performance for differences in body mass to better reflect rowing in water / A. M. Nevill, C. Beech, R. L. Holder, M. Wyon // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2010. – Feb; 20(1). – P. 122–127.
25. Physiological tests for elite athletes / Christopher J. Gore, editor. – Australian Sports Commission. – 2000. – 403 p.
26. Russell A. P. Prediction of elite schoolboy 2000 m rowing ergometric performance from metabolic, anthropometric and strength variables / A. P. Russell, P. F. Le Rossignol, W. A. Sparrow // *J. Sports. Sci.* – 1998. – 16. – P. 749–54.
27. Secher N. H. Rowing / N. H. Secher // In «Endurance in sport» R. J. Shephard & P. O. Astrand (Eds.). – Oxford: Blackwell Science, 2000. – P. 836–843.
28. Shephard R. J. Science and medicine of rowing: A review / R. J. Shephard // *J. of Sport Sci.* – 1998. – Vol. 16. – P. 603–620.
29. Tomiak T. Theoretical-methodical bases of special endurance perfection in high performance rowers / T. Tomiak. – AWFIS. Gdansk, 2008. – 171 p.

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина  
 adnk2007@ukr.net  
 luslena@rambler.ru  
 vv\_ye@3g.ua

Поступила 14.08.2014