ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»

На правах рукописи

ТАМОЖНИКОВА Ирина Сергеевна

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ И МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АДАПТИРОВАННОСТИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ ВИДАМ ЛОКОМОЦИЙ

03.03.01 – Физиология

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата
медицинских наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор СОЛОПОВ И.Н.

Волгоград - 2015

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

ВВЕДЕНИЕ ……... 7

Глава 1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕАКТИВНОСТЬ И МОБИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ В СПОРТЕ ……. 14

1.1. Представление о структуре и качественных характеристиках функциональной подготовленности спортсменов …… 14

1.2. Понятие, физиологические механизмы и проявления функциональной мобилизации при мышечной деятельности в спорте …… 20

1.3. Роль различных физиологических факторов в обеспечении функциональной мобилизации спортсменов с разным характером мышечной деятельности ……..…. 25

1.4. Проявления функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов при долговременной адаптации к физическим нагрузкам …….. 28

1.5. Динамика функциональных возможностей у спортсменов при использовании средств эргогенного воздействия ……. 31

Глава 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ …… 37

2.1. Организация исследования и контингент обследованных …... 37

2.2. Методы исследования ……. 39

Глава 3. ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АДАПТИРОВАННОСТИ К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ ЛОКОМОЦИЙ ……. 43

3.1. Показатели функциональной реактивности у спортсменов различной подготовленности в начальной фазе выполнения физической нагрузки ……... 44

3.2. Специфические особенности функциональной реактивности у спортсменов различной двигательной специализации в начальной фазе выполнения физической нагрузки ……. 48
3.3. Состояние напряженности регуляторных механизмов у спортсменов различного уровня подготовленности и различной специализации …… 52
Глава 4. УРОВЕНЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ И С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ МОТОРИКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ …… 60
4.1. Квалификационные особенности функциональной мобилизации у спортсменов в процессе выполнения физической нагрузки максимальной мощности ……. 61
4.2. Специфические особенности функциональной мобилизации у спортсменов в процессе выполнения кратковременной физической нагрузки максимальной мощности …… 65
4.3. Уровень напряженности регуляторных механизмов у спортсменов при выполнении мышечной нагрузки максимальной мощности …….. 68
Глава 5. ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ И МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И ПОДГОТОВЛЕННОСТИ В ПЕРИОДЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ …….. 74
5.1. Показатели функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов различной квалификации в период восстановления после мышечной нагрузки …… 75
5.2. Показатели функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов различной двигательной специализации в период восстановления после мышечной нагрузки ……. 79
5.3. Уровень напряженности регуляторных механизмов у спорт-

сменов в период восстановления после мышечной нагрузки .. 82

Глава 6. ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ И МОБИЛИЗАЦИИ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ЭРГОГЕНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ТРЕНИРОВКЕ СПОРТСМЕНОВ …….. 88

6.1. Динамика параметров функциональной реактивности в начальной фазе выполнения стандартной физической нагрузки у спортсменов в результате систематической тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию .. 92

6.2. Динамика параметров функциональной мобилизации при выполнении физической нагрузки максимальной мощности у спортсменов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию ……. 94

6.3. Изменение параметров функциональной реактивности и мобилизации в восстановительном периоде после физической нагрузки у спортсменов в результате курса тренировок с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию.. 96

6.4. Динамика напряженности регуляторных механизмов в периоде восстановления после физической нагрузки у спортсменов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию …… 100

ЗАКЛЮЧЕНИЕ …… 103

ВЫВОДЫ ……... 112

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ …….. 115

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ …….. 117

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Обозначения	Наименование обозначения
$fb_{покоя}$, цикл/мин	Величина частоты дыхания в условиях покоя
fb_{max}, цикл/мин	Величина частоты дыхания при W_{max}
fb W_1, цикл/мин	Величина частоты дыхания на 1 минуте W_1
fb B_1, цикл/мин	Величина частоты дыхания на 1 минуте восстановления
fb B_5, цикл/мин	Величина частоты дыхания на 5 минуте восстановления
$fbW_1/fb_{покоя}$, %	Увеличение частоты дыхания на 1 минуте W_1 относительно состояния покоя
$fbW_{max}/fb_{покоя}$, %	Увеличение частоты дыхания при W_{max} относительно состояния покоя
$fbB_1/fb_{покоя}$, %	Снижение частоты дыхания на 1 минуте восстановления относительно состояния покоя
$fbB_5/fb_{покоя}$, %	Снижение частоты дыхания на 5 минуте восстановления относительно состояния покоя
$HR_{покоя}$, уд/мин	Величина частоты сердечных сокращений в состоянии покоя
HRW_1, уд/мин	Величина частоты сердечных сокращений на 1 минуте W_1
HR_{max}, уд/мин	Величина частоты сердечных сокращений при W_{max}
HRB_1, уд/мин	Величина частоты сердечных сокращений на 1 минуте восстановления
HRB_5, уд/мин	Величина частоты сердечных сокращений на 5 минуте восстановления
$HR_{W1}/HR_{покоя}$, %	Увеличение частоты сердечных сокращений на 1 минуте W_1 относительно состояния покоя
$HR_{max}/HR_{покоя}$, %	Увеличение частоты сердечных сокращений при W_{max} относительно состояния покоя
$HRB_1/HR_{покоя}$, %	Снижение частоты сердечных сокращений к 1 минуте восстановления относительно состояния покоя
$HRB_5/HR_{покоя}$, %	Снижение частоты сердечных сокращений на 5 минуте восстановления относительно состояния покоя
PWC_{170}, кГм/мин	Мощность физической работоспособности при частоте сердечных сокращений равной 170 уд/мин
$VE_{покоя}$, л/мин	Величина легочной вентиляции в условиях покоя
VE_{max}, л/мин	Величина легочной вентиляции при W_{max}
VE W_1, л/мин	Величина легочной вентиляции на 1 минуте W_1
VE B_1, л/мин	Величина легочной вентиляции на 1 минуте восстановления

VE B_5, л/мин	Величина легочной вентиляции на 5 минуте восстановления
$VEW_1/VE_{покоя}$, %	Увеличение легочной вентиляции на 1 минуте W_1 относительно состояния покоя
$VE_{max}/VE_{покоя}$, %	Увеличение легочной вентиляции при W_{max} относительно состояния покоя
$VEB_1/VE_{покоя}$, %	Снижение легочной вентиляции на 1 минуте восстановления относительно состояния покоя
$VEB_5/VE_{покоя}$, %	Снижение легочной вентиляции на 5 минуте восстановления относительно состояния покоя
$VO_{2покоя}$, мл/мин	Величина потребления кислорода в условиях покоя
VO_2W_1, мл/мин	Величина потребления кислорода на 1 минуте W_1
VO_{2max}, мл/мин	Величина потребления кислорода при W_{max}
VO_2 B_1, мл/мин	Величина потребления кислорода на 1 минуте восстановления
VO_2 B_5, мл/мин	Величина потребления кислорода на 5 минуте восстановления
$VO_2W_1/VO_{2покоя}$, %	Увеличение потребления кислорода на 1 минуте W_1 относительно состояния покоя
VO_{2max} / $VO_{2покоя}$, %	Увеличение потребления кислорода при W_{max} относительно состояния покоя
$VO_2B_1/VO_{2покоя}$, %	Снижение потребления кислорода на 1 минуте восстановления относительно состояния покоя
$VO_2B_5/VO_{2покоя}$, %	Снижение потребления кислорода на 5 минуте восстановления относительно состояния покоя
$V_{Tпокоя}$, мл	Величина дыхательного объема в условиях покоя
VT_{max}, мл	Величина дыхательного объема при W_{max}
VT W_1, мл	Величина дыхательного объема на 1 минуте W_1
VT B_1, мл	Величина дыхательного объема на 1 минуте восстановления
VT B_5, мл	Величина дыхательного объема на 5 минуте восстановления
$VTW_1/VT_{покоя}$, %	Увеличение дыхательного объема на 1 минуте W_1 относительно состояния покоя
$VTW_{max}/VT_{покоя}$, %	Увеличение дыхательного объема при при W_{max} относительно состояния покоя
$VTB_1/VT_{покоя}$, %	Снижение дыхательного объема на 1 минуте восстановления относительно состояния покоя
$VTB_5/VT_{покоя}$, %	Снижение дыхательного объема на 5 минуте восстановления относительно состояния покоя
W_1, кГм/мин	Мощность стандартной мышечной нагрузки
W_{max}, кГм/мин	Мощность максимальной мышечной нагрузки

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Систематическая мышечная тренировка в спорте своей целью имеет повышение уровня функциональных возможностей организма спортсмена (Фомин В.С., 1984; Платонов В.Н., 1997; Солопов И.Н., 2001; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Сентябрев Н.Н. и др., 2004; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010). При этом, высокий уровень функциональной подготовленности является результатом эффективного процесса адаптации к физическим нагрузкам (Солодков А.С., 1987; Платонов В.Н., 1997) и характеризуется повышением функциональных резервов и готовностью к их мобилизации (Волков В.М., 1990; Солодков А.С., 1995; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008, 2012; Солопов И.Н. и др., 2010) и в конечном итоге проявляется увеличением специальной физической работоспособности спортсменов.

Одним из ключевых моментов развития адаптированности и высокого уровня физической работоспособности спортсменов является повышение мобилизационных возможностей физиологических функций организма, что выражается в более быстром выходе физиологических систем на необходимый уровень функционирования в начале физической нагрузки (функциональная реактивность), увеличении предельных возможностей организма в процессе специфической мышечной деятельности, повышении способности организма удерживать высокий уровень интенсификации функций, ускорении и повышении эффективности течения восстановительных процессов (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010).

Указывается, что рекрутизация функциональных резервов в условиях напряженной деятельности осуществляется на всех уровнях жизнедеятельности организма и зависит от целого комплекса различных факторов (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990). Вследствие этого разработке данного направ-

ления исследований должно придаваться особое значение. При этом первостепенное значение приобретает вопрос эффективной реализации (мобилизации) имеющегося функционального потенциала, трансформации его в спортивно-технический результат более высокого уровня (Мозжухин А.С., 1981).

Вместе с тем, целый ряд вопросов и важнейших закономерностей развития и проявления функциональной реактивности и мобилизации остаются малоизученными или совсем вне поля зрения исследователей. В частности, весьма актуальным является изучение величин мобилизуемых функций при различном характере специфической мышечной деятельности (спортивной специализации) и исследование количественных характеристик мобилизации на этапах многолетней спортивной тренировки. Кроме того, весьма важно знание физиологических механизмов, лежащих в основе проявления и высокого уровня функциональной реактивности и мобилизационных возможностей организма.

Знание закономерностей развития, механизмов реализации функциональной реактивности и мобилизационных возможностей может служить одним из важнейших факторов, способствующих рационализации процесса функциональной подготовки спортсменов, адекватного контроля и объективной оценки функциональной подготовленности спортсменов.

Исходя из выше изложенного, изучение специфических особенностей и закономерностей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов в процессе многолетней адаптации к спортивным нагрузкам является **актуальной** задачей, решение которой позволит использовать полученные данные для стратегического планирования основных направлений и путей повышения мобилизационных возможностей спортсменов, выбора арсенала средств, методических подходов и тренировочных режимов.

Цель исследования. Изучить особенности функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов разной степени адаптированности к дви-

гательной деятельности с различным характером моторики и их динамику при систематическом использовании в тренировке дополнительных эргогенических средств.

Задачи исследования:

1. Изучить уровень и динамику параметров функциональной реактивности у спортсменов разной степени адаптированности к специфической мышечной деятельности с различным характером локомоций.

2. Выяснить уровень параметров функциональной мобилизации у спортсменов разной подготовленности и с различным характером моторики в процессе выполнения физической нагрузки максимальной мощности.

3. Сравнить динамику параметров функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов различной двигательной специализации и подготовленности в периоде восстановления.

4. Установить направленность динамики параметров функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов при систематическом применении средств эргогенического воздействия на фоне мышечных нагрузок.

Методологической базой исследования являются: теория адаптации (Селье Г., Меерсон Ф.З.), представление о структуре и многокомпонентности функциональной подготовленности организма спортсменов (Фомин В.С., Солопов И.Н.); представление о специфичности адаптационных перестроек при определенных видах спортивной деятельности (Верхошанский Ю.В.); представление об иерархии и этапности включения функциональных резервов в обеспечение физической работоспособности (Мищенко В.С., Кучкин С.Н., Горожанин В.С., Верхошанский Ю.В.); концепция интеграции в тренировочный процесс спортсменов эргогенических средств (Волков Н.И., Шамардин А.И., Солопов И.Н.).

Научная новизна результатов исследования. Впервые изучены уровни и динамика параметров функциональной реактивности и мобилиза-

ции у спортсменов различной квалификации, адаптированных к мышечной работе с различным паттерном моторики.

Впервые установлено, что у спортсменов различной спортивной специализации и разного уровня адаптированности к физическим нагрузкам интегрированность параметров функциональной реактивности и мобилизации, напряженность регуляторных механизмов и физиологическая «стоимость» адаптации существенно различаются.

Впервые охарактеризованы уровни и динамика параметров функциональной реактивности и мобилизации восстановительных процессов у спортсменов в процессе многолетней адаптации к специфической мышечной деятельности.

Установлена высокая эффективность систематического применения в тренировочном процессе спортсменов увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию, способствующего росту функциональной подготовленности и повышению уровня функциональной реактивности и мобилизации организма спортсменов.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Теоретическая значимость результатов исследования обусловливается тем, что полученные в работе данные дополняют и расширяют представление о функциональных возможностях спортсменов, в частности, об уровне и динамике развития функциональной реактивности и мобилизации, находящихся во взаимосвязи со степенью адаптированности к мышечной деятельности и биомеханическими особенностями организации двигательных актов; введена уточненная и расширенная трактовка понятия «функциональная реактивность», рассматриваемая как экстренные сдвиги со стороны физиологических систем в ответ на выполнение физической нагрузки.

Полученные новые факты дополняют представление о функциональных резервах организма, расширяют теоретические сведения о качественных характеристиках функциональной подготовленности и закономерностях развития адаптированности организма спортсменов.

Использование полученных сведений позволяет определять круг адекватных и наиболее эффективных средств, в том числе эргогенических, методов и режимов тренирующих воздействий, реализовать дифференцированный подход к организации процесса специальной подготовки к экстремальной профессиональной и спортивной деятельности, определять направления и пути целенаправленного повышения функциональных возможностей организма человека.

Полученные в исследовании данные могут быть использованы для оптимизации стратегии целенаправленного комплексного контроля и оценки уровня функциональной подготовленности спортсменов.

Результаты исследования могут быть использованы в практической деятельности кабинетов функциональной диагностики физкультурных диспансеров. Сформулированные в работе положения и выводы могут быть использованы в высших учебных заведениях физической культуры, на факультетах физического воспитания в учебном процессе, при переподготовке специалистов в области физической культуры и спорта.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований были доложены и обсуждены на итоговых конференциях Волгоградской государственной академии физической культуры за 2013-2015 гг. (г. Волгоград), на Всероссийской научной конференции «Проблемы и перспективы развития легкой атлетики в России» (Волгоград, 2014 г.), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современный футбол: состояние и перспективы. Актуальные вопросы координации подготовки к чемпионату мира по футболу 2018» (Волгоград, 2014 г.), на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы подготовки спортсменов высокой квалификации и спортивного резерва в плавании и других видах водного спорта» (Волгоград, 2014 г.), на расширенном заседании кафедры анатомии и физиологии Волгоградской государственной академии физической культуры (сентябрь 2015 г.).

Внедрение результатов исследования. Основные результаты исследований внедрены в лекционный и практический курсы на кафедрах анатомии и физиологии и спортивной медицины, в лечебно-профилактический процесс Медико-реабилитационного центра ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры».

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 141 странице компьютерного текста, построена по традиционной схеме и состоит из введения, обзора литературы, описания организации и методов исследования, четырех глав с изложением результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, содержащего 223 работы, включая 45 источников зарубежных авторов, содержит 9 рисунков и 13 таблиц.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В процессе многолетней адаптации спортсменов к мышечной работе уровень функциональной реактивности на предъявляемую физическую нагрузку стандартной мощности весьма существенно снижается, при значительном уменьшении напряженности регуляторных механизмов и сопровождается повышением экономичности функционирования физиологических систем организма.

2. Уровень функциональной мобилизации организма закономерно увеличивается от одной возрастно-квалификацинной группы спортсменов к другой при разнонаправленном изменении отдельных физиологических показателей при развитии процессов экономизации, существенном росте напряженности регулирующих влияний и оптимизации функционирования физиологических систем.

3. Специфика спортивной локомоции в значительной мере оказывает влияние на уровень параметров функциональной реактивности и функциональной мобилизации организма спортсменов и на характерные особенности структуры межпараметрических взаимоотношений, различающихся как по

номиналу, так и по степени интегрированности параметров, а также по степени напряженности регуляторных механизмов.

4. Наилучшие показатели функциональной реактивности восстановления имеют спортсмены более высокого уровня подготовленности, тогда как наилучшие показатели функциональной мобилизации восстановления обнаруживаются у спортсменов, находящихся на промежуточном этапе многолетнего процесса адаптации, при этом уровень напряженности регуляторных механизмов параметров функциональной реактивности и мобилизации восстановления наиболее высок у более квалифицированных спортсменов.

5. Спортсмены, адаптированные к мышечной работе различного характера, существенно отличаются и по показателям мобилизационных возможностей в разные периоды восстановления после физической нагрузки, и по степени интегрированности параметров функциональной реактивности и мобилизации, и по уровню напряженности регуляторных механизмов.

6. Систематическое использование дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением в тренировке спортсменов способствует более существенному росту функциональной подготовленности, что обеспечивается в немалой степени существенным расширением мобилизационных возможностей вегетативных систем организма при выполнении мышечных нагрузок и в периоде восстановления, и сопровождается развитием функциональной оптимизации без дополнительного напряжения регуляторных механизмов.

Глава 1
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕАКТИВНОСТЬ И МОБИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ АДАПТАЦИИ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ В СПОРТЕ

1.1. Представление о структуре и качественных характеристиках функциональной подготовленности спортсменов

Систематическая спортивная тренировка неизбежно приводит к расширению функциональных возможностей человека как следствие развития адаптированности организма к мышечным нагрузкам (Булатова М.М., 1996; Мищенко В.С. и др., 1999; Павлов С.Е., 1999, 2000, 2004; Шамардин А.И., 2000; Кизько А.П., 2001; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Лысенко Е.Н., 2006; Солопов И.Н., 2007; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2009, 2010). В основе повышения функциональных возможностей организма во многом лежит уровень совершенства физиологических механизмов, обеспечивающих регуляторную функцию в вегетативном обеспечении и функцию управления собственно двигательными актами, а также уровень развития качественных свойств и эффективность реализации функций организма (Платонов В.Н., 1988, 1997; Солопов И.Н., 1999, 2001, 2007; Солодков А.С., 2000; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Мищенко В.С. и др., 2007; Солопов И.Н. и др., 2009, 2010; Павлова Т.Н. и др., 2010).

Необходимо отметить, что представление о функциональной подготовленности спортсменов является приоритетным направлением отечественной физиологии спорта. Одним из первых представление о функциональной подготовленности сформулировал В.С.Фомин (1984). Им была разработана одна из первых структур функциональной подготовленности спортсменов. Данное структурное построение рассматривалось им как уровень взаимосодействия психического (восприятие, внимание, оперативный анализ ситуа-

ции, прогнозирование, выбор и принятие решения, быстрота и точность реакции, скорость переработки информации), нейродинамического (возбудимость, подвижность и устойчивость, напряженность вегетативной регуляции), энергетического (аэробные и анаэробные механизмы энергопродукции) и двигательного (силовые, скоростные и координационные возможности) компонентов. При этом было выдвинуто положение, что функциональная подготовленность представляет собой не отдельное отправление какого-либо из этих органов или систем организма, а как реализация функциональной системы, объединяющей органы и системы, определяющих и лимитирующих достижение необходимого полезного (спортивного) результата (Фомин В.С., 1984, 1986).

В настоящий момент в развитии представлений В.С. Фомина структура функциональной подготовленности спортсмена представляется в виде взаимообусловленных и взаимосвязанных компонентов: информационно-эмоционального (включает механизмы сенсорного восприятия, память, эмоции); регуляторного компонента (механизмы нейрогуморальной и корковой (произвольной) регуляции функций); двигательного компонента (механизмы и функции локомоций); энергетического компонента (механизмы и свойства энергопродукции) и психического компонента (психические качества, уровень психофункционального состояния) (Солопов И.Н. и др., 2010).

В итоге функциональная подготовленность спортсмена представляется как базовое многокомпонентное свойство организма, являющееся физиологической основой для определенного (специфического) вида локомоций, реализующееся в форме конкретного спортивно-технического двигательного действия (Mines A.H., 1993; Boening D., 1997; Солопов И.Н., 2001, 2007; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010).

Наличие всех компонентов функциональной подготовленности имеют то или иное значение для всех видов спортивной деятельности. Может

меняться только роль отдельных компонентов, уровень развития определенных физиологических механизмов, совершенство различного набора функциональных свойств, их сочетание и взаимообусловленность (Мищенко В.С., 1990; Медведев Д.В., 2007; Солопов И.Н., 2007; Солопов И.Н. и др., 2009, 2010).

Как уже отмечалось, функциональная подготовленность выступает в качестве физиологической основы для всех без исключения традиционно выделяемых в спорте видов подготовленности (Платонов В.Н., 1997; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Солопов И.Н. и др., 2010). Имеются достаточно веские основания, базирующиеся на экспериментальном материале, считать наличие в каждом виде специально-технической подготовленности спортсменов – технической, физической, тактической и психической, функциональной составляющей. При рассмотрении любого из выделяемых видов подготовки спортсмена обнаруживается то обстоятельство, что в своей основе все они имеют процесс совершенствования конкретных механизмов и функций определенных физиологических систем организма в строго специфическом сочетании (Солопов И.Н. и др., 2010).

Совершенство физиологических механизмов, определяющих и лимитирующих функциональные возможности организма, в большой мере обусловливается их функциональными свойствами – функциональной мощностью, мобилизацией, устойчивостью (надежностью) и экономичностью-эффективностью (Мищенко В.С., 1990; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010), являющихся по своей сути качественными характеристиками функционирования физиологических систем, обусловливающими специальную физическую работоспособность, которая в свою очередь является интегративным выразителем функциональной подготовленности спортсменов (Платонов В.Н., 1984; Мищенко В.С., 1990; Willmore J.H., Costil D.L., 1994; Viru A., 1995; Morrow J.R. et al., 1995; McArdle W.D. et al., 1996; Солопов И.Н., 2001, Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Солопов И.Н. и др., 2010).

В качестве показателей функциональной мощности выступают параметры морфофункционального развития организма и параметры физиологических систем, фиксируемые в физических нагрузках максимальной мощности и отражающие максимальную функциональную производительность организма (Горожанин В.С., 1984; Кучкин С.Н., 1986; Мищенко В.С., 1990; Медведев Д.В., 2007; Горбанева Е.П., 2008, 2012). Совокупность параметров морфофункционального статуса, отражающих особенности соматотипа, обусловливает общую работоспособность и уровень физического развития человека, а также особенности метаболизма и компенсаторных реакций организма (Карпман В.Л., 1987; Солопов И.Н. и др., 2010).

Функциональная мощность всей совокупности физиологических механизмов, обусловливающих тотальную физическую работоспособность, понимается как свойство, характеризующиеся объемом и интенсивностью продукции и затрат энергии, необходимых для выполнения работы в рамках специфических двигательных актов. Мерой функциональной мощности выступает скорость метаболизма, обеспечивающего выполнение механической работы (Горожанин В.С., 1984). Наиболее часто используемыми и наиболее информативными маркерами функциональной мощности являются абсолютные и относительные величины максимального потребления кислорода и максимальная мощность физической нагрузки (Мищенко В.С., 1990).

К одним из самых важных параметров повышения уровня адаптированности организма к мышечным нагрузкам относятся мобилизационные возможности или «функциональная мобилизация», которые проявляются в экстренном усилении функционирования физиологических систем в ответ на начало выполнения нагрузки, последующем повышении параметров функционирования до предельных значений при мышечной работе максимальной мощности, развитии способности удерживать предельный уровень интенсификации функций, повышении скорости и эффективности протекания процессов метаболизма в период восстановления (Кучкин С.Н., 1986; Волков

В.М., 1990; Гулбиани Т.И., 1991; Hagerman F.C., 1992; Солодков А.С., 1995; Morrow J.R. et al., 1995; McArdle W.D. et al., 1996; Горбанева Е.П., 2008, 2012; Солопов И.Н. и др., 2010).

Функциональная мобилизация проявляется в определенных и, вероятно, специфических изменениях деятельности физиологических систем во время врабатывания при постоянной стандартной интенсивности выполняемой физической нагрузки и максимуме таких изменений при возрастающей или индивидуальной предельной мощности мышечной нагрузки (Давыденко Д.Н., 1988; Tipton C.M., 1991; Волков В.М., Ромашов А.В., 1991; Корженевский А.Н. и др., 1993; Craig N.P. et al., 1993; Rogers D. M. et al., 1995; Кучкин С.Н., 1999; Stainaker J., 2002).

К наиболее важным, определяющим и лимитирующим физическую работоспособность относится и такая качественная характеристика функционирования, как «функциональная устойчивость», которая рассматривается как одно из необходимых условий оптимального и эффективного функционирования основных систем организма при реализации двигательных задач в условиях специфического характера локомоций в спорте (Withers R.T. et al., 1982; Мищенко В.С., 1986; Артамонов В.Н., 1989; Власов А.А, 2013).

А.А.Виру (1982) определяет функциональную устойчивость как способность организма в целом и его отдельных систем сохранять высокую функциональную активность в течение времени, необходимого для выполнения двигательных задач и поддержания жизненно важных констант гомеостаза.

В общем виде функциональная устойчивость понимается как свойство организма, которое объединяет в себе совокупность факторов, определяющих и лимитирующих устойчивость и надежность функционирования физиологических систем организма и максимум сдвигов параметров гомеостаза (Мищенко В.С., 1990), эмоциональную устойчивость и помехоустойчивость

(Ивойлов А.В., 1987; Клесов И.А., 1993) и устойчивость психических процессов (Конопкин О.А. и др., 1988).

В этом плане функциональная устойчивость организма является многокомпонентным свойством, обеспечивающим эффективное функционирование систем и органов в условиях неизбежных и весьма значительных сдвигов гомеостаза, носит системный характер и имеет особенности структуры в зависимости от характера локомоций и интенсивности нагрузки и индивидуально-типологических особенностей индивида (Солопов И.Н. и др., 2010). При этом функциональной устойчивости присущи такие черты, как многоуровневость проявления и обусловленности, многокомпонентность, системность проявления и обусловленности, специфичность проявления и обусловленности, гетерохронизм обусловленности, тренируемость (Горбанева Е.П. и др., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010).

Важнейшим условием высокой функциональной подготовленности спортсменов является высокая экономизация и эффективность функционирования организма (Летунов С.П., 1967; Тхань Ф.Ч., 1970; Гулида О.М., 1986; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Солопов И.Н. и др., 2010).

В основном функциональная экономичность-эффективнось проявляется в более быстром увеличении функциональной активности в самом начале выполнения нагрузки, что повышает парциальный вклад в энергообеспечение более выгодных аэробных процессов, в минимизации функциональных сдвигов и снижении энерготрат непосредственно при самой нагрузке и в увеличении скорости метаболических процессов в период восстановления (Волков В.М., 1990; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Солопов И.Н. и др., 2010).

Характеризуя качественные стороны функциональных возможностей организма, следует отметить, что все они находятся в сложных взаимоотношениях, проявляющихся, прежде всего, во взаимосодействии, взаимообусловленности и взаимокомпенсации (Фомин В.С., 1984, 1985; Солопов И.Н. и

др., 2010). Так, повышение функциональной устойчивости организма невозможно без расширения диапазона всех остальных физиологических свойств организма (Варванин В.Н., 1995). Именно поэтому максимальные функциональные возможности организма могут проявляться только при условии предельной мобилизации функций, максимального времени удержания функциональной активности (Виру А.А., 1983) и будут определяться совершенством механизмов устойчивости функционирования физиологических систем (Голубев В.Н., Давиденко Д.Н., 1984; Солодков А.С., 1988; Мищенко В.С., 1990). В свою очередь, функциональная устойчивость во многом обусловливается уровнем функциональной экономичности и эффективности (Моногаров В.Д., 1986; Craig N.P. et al., 1993).

1.2. Понятие, физиологические механизмы и проявления функциональной мобилизации при мышечной деятельности в спорте

Современная спортивная тренировка отличается крайне высокой напряженностью деятельности и направлена на формирование устойчивой адаптации организма к предъявляемым тренировочным и соревновательным нагрузкам. Результатом этого процесса адаптации является повышение уровня функциональных возможностей организма спортсмена (Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008; Солопов и др., 2010). При этом физиологическая сущность долговременной адаптации организма спортсменов состоит в оптимизации совокупности реактивных свойств физиологических систем, направленной на реализацию достигнутого уровня функциональных возможностей (Мищенко В.С., 1990; Лысенко Е.Н., 2006).

В этом плане наращивание мобилизационных возможностей (параметров «функциональной реактивности» и «функциональной мобилизации») является одним из ключевых моментов повышения уровня адаптированности.

Это определяется тем, что предельные уровни мощности нагрузок, применяемых в тренировке в спорте, требуют крайне высоких уровней реакций, высокой степени реализации резервов функциональных систем.

Высокие уровни функциональных возможностей организма спортсменов, которые достигаются в процессе адаптации, реализуются через адекватные изменения реактивных свойств физиологических систем организма, а оптимизация реактивных свойств базируется на возрастающих возможностях исполнительных органов этих систем.

Известно, что любая форма адаптационного реагирования организма на физические нагрузки обеспечивается комплексом различных по интенсивности и продолжительности физиологических реакций, которые могут комбинироваться в разнообразных сочетаниях и иметь весьма выраженные индивидуальные черты (Харитонова Л.Г., 1991; Мищенко В.С. и др., 1999; 2007). Основной принцип реактивности заключается в том, что характер соответствующего ответа живого на действие раздражителей определяется как качественно-количественной характеристикой фактора среды, так и функциональным состоянием реагирующего субстрата.

Реакции организмов на внешние влияния носят приспособительный характер. Реактивность является свойством адаптивности живых систем, мерой их приспособительных возможностей. Таким образом, адаптацию следует рассматривать как процесс, а реактивность – как свойство организма, его способность к реагированию (Мищенко В.С., 1990; Лысенко Е.Н., 2006).

В общем виде реактивность понимается как способность организма отвечать на воздействия внешней среды изменением своих физиологических отправлений. Реактивность проявляется в реакциях защиты, призванных противодействовать экстремальным влияниям внешней среды, состоит в изменениях функциональной активности организма и обусловливается функционированием нервной системы, желез внутренней секреции, защитных свойств крови и др.

В этом плане мы предлагаем несколько расширить понятие «функциональная реактивность», под которой мы будем понимать срочные (экстренные) сдвиги (реакции) со стороны физиологических систем организма, прежде всего, локомоторной и вегетативных, в ответ на начало выполнения мышечной или какой-либо другой нагрузки.

Тогда основной характеристикой физиологической реактивности является скорость (интенсивность) развертывания функциональных реакций (кардиореспираторных и метаболизма) и выражается в более быстром выходе функциональных систем на необходимый уровень изменений при начале выполнения физической нагрузки. При этом выраженность реакций организма в ответ на физическую нагрузку будет зависеть как от уровня тренированности, так и, прежде всего, от индивидуальных особенностей человека (Макаренко В.Н. и др., 1987; Мищенко В.С., 1990; Харитонова Л.Г., 1991; Мищенко В.С. и др., 1999; 2007; Булатова М.М., 1999; Лысенко Е.Н., 2006).

В литературе указывается, что скорость ответных реакций на начало выполнения нагрузки, экстренная мобилизация вегетативных и локомоторной систем в начальной фазе выполнения нагрузки и возможно более быстрое их восстановление после окончания работы, являются чрезвычайно важными характеристиками функциональных возможностей организма вообще, и особенно в переходных режимах, при изменении интенсивности физической нагрузки (Мищенко В.С., 1990).

Быстрое развертывание физиологических функций и достижение их предельных значений является результатом усиления влияний симпатической нервной системы, повышения гормональной функции системы гипоталамус - гипофиз - надпочечники и активности ферментных систем.

Реактивные свойства оказывают модифицирующее влияние на способ реализации имеющегося у спортсмена общего биоэнергетического, двигательного и функционального потенциала при тренировочных физических нагрузках. На этой основе в процессе специализированной тренировки проис-

ходит формирование основных компонентов функциональных возможностей системы дыхания спортсменов применительно к требованиям соревновательной деятельности - кинетики (подвижности), пределов реакций (мощности), устойчивости высоких уровней реакций и экономичности. Указанные компоненты функциональных возможностей интегрируют в себе физиологические, метаболические и двигательные проявления специальной работоспособности (сократительных свойств мышц, их силовых возможностей, аэробной и анаэробной мощности, метаболической емкости и др.). Комплекс таких компонентов составляет основу специальной работоспособности в условиях конкретной соревновательной деятельности (дистанции соревнований и т.п.).

Наряду с функциональной реактивностью, специальную физическую работоспособность спортсменов, во многом, определяет и функциональная мобилизация, которая рассматривается как способность к максимальному усилению функций, достигающему предельных значений при выполнении физических нагрузок и расширении возможностей в отношении удержания высокого уровня интенсификации функций, значительном ускорении течения восстановительных процессов, прежде всего, – в восполнении энергоресурсов (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990; Гулбиани Т.И., 1991; Солодков А.С., 1995).

Функциональная мобилизация представляет собой способность максимально быстро и в максимальном объеме использовать энергетические ресурсы и разворачивать функции, обеспечивающие двигательную деятельность (Солодков А.С., 1995). Функциональная мобилизация обусловливает функциональные изменения и предел этих изменений при максимальной мощности физической нагрузки.

Отмечается, что в свою очередь полная реализация функциональных возможностей организма в специальном спортивном упражнении происходит благодаря высокой координации в деятельности вегетативных функций и

нервно-мышечного аппарата, способствуя сохранению эффективной техники в процессе развивающегося утомления (Корженевский А.Н. и др., 1993).

В.С. Мищенко (1990) выделяет в качестве одной их характеристик функциональных возможностей функциональную подвижность и рассматривает ее как свойство, которое определяет высокую скорость развертывания функциональных и метаболических реакций. Метаболические реакции, в свою очередь, отражают реализацию энергетического потенциала организма, и характеризуются, с одной стороны, степенью мобилизации функций, сопоставимых с предельными, запасными возможностями их проявления в наиболее благоприятных условиях, а с другой, - наибольшими переносимыми сдвигами гомеостаза организма в специфических условиях нагрузки (Мищенко В.С., 1990).

В литературе отмечается, что важнейшей характеристикой функциональных возможностей организма является кинетика метаболизма, которая в немалой степени обусловливает скорость биохимических реакций собственно в процессе выполнения физической нагрузки и в процессе реституции после нее, и, что особенно важно, скорость реактивности физиологических процессов в фазе врабатывания (Мотылянская Р.Е., Артамонов В.Н., 1982).

При этом мобилизация функциональных резервов организма в экстремальных условиях спортивной деятельности реализуется на всех уровнях организации приспособительной активности и подвержена влиянию целого ряда факторов (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990). Исходя из этого крайне важное значение приобретает изучение механизмов и проявлений функциональной мобилизации уже имеющегося у спортсмена функционального потенциала и закономерностей трансформации функциональных возможностей организма собственно в спортивно-технический результат (Мозжухин А.С., 1981).

Сведения, имеющиеся в литературе, указывают, что способность организма спортсмена максимально интенсифицировать работу физиологических

систем (мобилизовать физиологические функции), во многом обусловливает достижение максимальной спортивной работоспособности, лежащей в основе всех спортивных достижений (Мозжухин А.С., 1981; Медведев Д.В., 2007). Следует отметить, что информация о закономерностях динамики повышения параметров мобилизационных возможностей организма может явиться одной из основ оптимизации и рационализации тренировки в спорте, основой построения системы адекватного контроля функциональной подготовленности спортсменов, специализирующихся в разных видах специфической спортивной деятельности и имеющих различный уровень адаптированности к физическим нагрузкам (Мищенко В.С., 2007).

1.3. Роль различных физиологических факторов в обеспечении функциональной мобилизации спортсменов с разным характером мышечной деятельности

Функциональная подготовленность спортсменов понимается как способность организма обеспечить специальную деятельность спортивного характера. При этом особо отмечается, что функциональная подготовленность, т.е. устоявшееся состояние организма, всегда обладает специфическими характеристиками (Верхошанский Ю.В., 1988; Holmer I., 1972, 1974; Ohkuwa T. et al., 1980).

Основой повышения любого вида специфической работоспособности, в том числе и в спорте, являются процессы и механизмы развития долговременной адаптации организма к различным режимам тренирующих воздействий и условиям соревнований. При этом реакции организма на физические нагрузки протекают по универсальной схеме общего адаптационного синдрома. Вместе с тем, стадии развития адаптированности постепенно начинают носить ярко выраженные черты специфичности в строгом соответствии с

характером, направленностью, объемом и интенсивностью экспозиционированной нагрузки и условиями выполнения мышечной деятельности (Москатова А.К., 1990).

С ростом спортивной квалификации адаптивные реакции все в большей мере приобретают специфические черты (Яковлев Н.Н., 1983; Bouchard C., Malina R.W., 1986; Харитонова Л.Г. и др., 2005). Это выражается в морфологической и, особенно, функциональной специализации физиологических отправлений организма. Такая специализация проявляется в избирательном адаптационном совершенствовании функциональных реакций организма, которые являются определяющими, и, во многом, лимитирующими для данной деятельности спортивного характера. Одновременно происходят и морфологические перестройки, выступающие структурной основой специфической функции более высокого уровня (Верхошанский Ю.В., 1966, 1970, 1988).

В эксперименте показано, что локомоции в рамках регламентированного двигательного акта (физического упражнения) характеризуются строго определенным сочетанием ведущих функциональных систем организма и включением конкретных механизмов регуляции, которые, в свою очередь, обусловливают, специфические функциональные и энергетические запросы. Вследствие этих запросов организм реагирует комплексом соответственных изменений в активности деятельности ведущих физиологических систем, ответственных за выполнение этого упражнения (Верхошанский Ю.В., 1988).

Развитие тренированности (повышения уровня функциональных возможностей) спортсменов является следствием специализации определенной совокупности функциональных проявлений. При этом при единстве специфических и общих характеристик ведущими однозначно выступают именно специальные параметры (Гандельсман А.Б. и др., 1972).

В литературе особо отмечается, что изменения физиологической реактивности (как со стороны вегетативных систем, так и со стороны регулирующего звена, свойств нейродинамических функций), отражают уровень

функциональных возможностей и индивидуальный энергетический потенциал организма и взаимосвязаны с особенностями тренировочной и спортивной деятельности (Лысенко Е.Н., 2006).

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что параметры функциональной мобилизации организма у спортсменов разных видов спорта в большой мере зависят от специфических характеристик привычной мышечной деятельности (Горбанева Е.П., 2008, 2012).

Было показано, что уровни реактивности (при непосредственном выполнении мышечной работы) и адаптационной инертности (в процессе долговременной адаптации) мышечной системы и вегетативного обеспечения функций существенно различаются (Верхошанский Ю.В., 1988; Медведев Д.В. и др., 2008).

Вместе с тем, несмотря на то, что особенности тренировочной работы и условия соревновательной деятельности в каждом отдельном виде спорта носят выраженный специфический характер, качественные характеристики морфологической и функциональной специализации организма имеют и общие признаки, присущие для всех видов спортивной деятельности (Верхошанский Ю.В., 1988).

В различных видах спорта выполняемому двигательному заданию (спортивному результату) присущи строго определенные, специфические характеристики, которые обусловливаются особенным соотношением (парциальным вкладом) разных компонентов функциональных возможностей организма. Кроме специфических характеристик выполняемого упражнения, являющегося главным фактором структурирования функциональных возможностей, роль тех или иных составляющих частей функциональных возможностей обусловливается и такими переменными, как возрастные, гендерные, морфологические и другие особенности организма.

Кроме того, физическая работоспособность спортсменов обусловливается и, в какой-то мере, лимитируется уникальным индивидуальным соотно-

шением различных механизмов биоэнергетики, устанавливающимся в процессе многолетней адаптации к мышечной работе в рамках определенного вида спорта (Волков Н.И., Савельев И.А., 1973).

Таким образом, развитие адаптированности к конкретному виду мышечной деятельности в процессе спортивной тренировки, повышение уровня функциональной подготовленности организма спортсменов осуществляется и через механизм морфологической и функциональной специализации комплекса вегетативных и двигательных отправлений. При этом специфический характер функционирования реализуется не только в осуществляемой спортсменом во время тренировки деятельности, но и при выполнении других физических упражнений (Гандельсман А.Б. и др., 1972; Петрухин В.Г., 1985; Верхошанский Ю.В., 1988; Мартиросов Э.Г., Рамин-Балучи А.Б., 2004), что обеспечивается ярко выраженной специфичностью реакций и функциональных отправлений в ответ на предъявляемые нагрузки (Платонов В.Н., 1984; Верхошанский Ю.В., 1988). Это в полной мере касается и таких характеристик функциональной подготовленности, как функциональная реактивность и функциональная мобилизация.

1.4. Проявления функциональной реактивности и мобилизации спортсменов при долговременной адаптации к физическим нагрузкам

Особенностью физиологических систем организма с высоким уровнем адаптированности является их исключительная вариативность, функциональная гибкость при обеспечении конечного заданного результата в самых разных условиях внешней среды и состояния гомеостаза. Спортсменам, находящимся на этапе высшего спортивного мастерства, присущи весьма широкие возможности к сложному и, как правило, уникальному объединению различных компонентов функциональной системы для обеспечения наивыс-

шего результата в определенной, конкретной ситуации (Виноградов В.Е., Лысенко Е.Н., 2005; Харитонова Л.Г. и др., 2005).

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о наличии гетерохронности в развитии адаптационных перестроек на всех уровнях функционирования организма. Это прослеживается и в несовпадении во времени моментов, соответствующих началу интенсивного совершенствования отдельных функциональных параметров, и в определенной последовательности развивающихся приспособительных перестроек (Васильева В.В., 1970; Верхошанский Ю.В., 1977; Верхошанский Ю.В., 1988; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008).

При этом определенный уровень спортивной подготовленности характеризуется вполне определенной структурой параметров, своеобразным сочетанием факторов, отражающих мобилизацию функциональных резервов организма при выполнении локомоций специфического характера. Установлено, что для спортсменов начального уровня подготовленности ведущими параметрами являются возможности аэробной и анаэробной производительности. По мере развития адаптированности и возрастания мастерства начинают приобретать значение доминирующие факторы эффективности мобилизации кардиореспираторной системы, а при последующем росте подготовленности – уже факторы экономичности мобилизационных резервов (Кучкин С.Н., 1986; Давиденко Д.Н., 1988, 1991, 1996, 2005; Волков В.М., Ромашов А.В., 1991; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Шамардин А.А., 2009).

В литературе особо отмечается, что для определения функциональных возможностей организма значение функциональной мобилизации не равнозначно на разных этапах многолетней адаптации к физическим нагрузкам в спорте. В литературе имеются только общие сведения о роли небольшого числа параметров функциональной мобилизации в обеспечении высокого уровня физической работоспособности спортсменов.

Так указывается, что в процессе спортивного совершенствования и развития адаптированности организма спортсменов к предъявляемым тренирующим воздействиям мобилизационные возможности имеют большое значение для проявления тотальной физической работоспособности на первоначальных этапах многолетней тренировки, достигая преимущественного, максимального значения на этапе спортивного совершенствования (промежуточных этапах), при снижении их роли на этапах высшего спортивного мастерства (Кучкин С.Н., 1986; Медведев Д.В., 2007; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010). Предполагается, что это связано с различными уровнями реактивности и мобилизации (при непосредственном выполнении физической нагрузки) и определенной адаптационной инертности (в процессе долговременной адаптации) опорно-двигательной и вегетативных систем.

Последующая положительная динамика специфической подготовленности организма сопровождается сохранением уже достигнутого уровня функциональной мобилизации, а по некоторым параметрам – снижением некоторых параметров. Довольно часто наблюдается одновременное частичное «замещение» («перекрёстная компенсация») функциональных свойств (чаще всего параметров мобилизации и экономизации) в ряду ведущих факторов, обусловливающих высокий уровень специальной физической работоспособности (Солопов И.Н. и др., 2010).

В процессе повышения функциональной подготовленности и роста специально-технического мастерства у спортсменов весьма существенно увеличиваются возможности и совершенствуются механизмы функциональной мобилизации и восстановительных процессов. Отмечается весьма высокая активность функций в период экстренной реституции, обусловливая быстрое и эффективное возвращение нарушенных параметров гомеостаза к исходному уровню и полноценное восстановление энергоресурсов в период отставленного восстановления (Горбанева Е.П., 2008, 2012; Солопов И.Н., Горбанева Е.П., 2010).

1.5. Динамика функциональных возможностей у спортсменов при использовании средств эргогенного воздействия

Как уже отмечалось, современная спортивная тренировка характеризуется крайними степенями объемов и интенсивностью осваиваемой спортсменами тренировочной работы. Рядом авторов отмечается, что дальнейшее повышение эффективности тренировочного процесса в целом, а также специальной физической и функциональной подготовки, в частности, может быть достигнуто только в процессе поиска новых путей и подходов оптимизации тренирующих воздействий на организм спортсмена (Волков Н.И., 1998; Павлов С.Е., 1999; Бальсевич В.К., 1999, 2001; Шамардин А.А. и др., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010).

К настоящему времени с целью наиболее полной реализации функциональных резервов организма используют различные традиционные и нетрадиционные средства предварительной стимуляции (потенцирования) работоспособности (Волков В.М., Ромашов А.В., 1991; Солопов И.Н., 2004, 2013; Виноградов В.Е., Томяк Т., 2004; Гриценко С.Л., 2012; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2015).

Проблема повышения эффективности процесса адаптации организма к предельным нагрузкам в спорте и в других областях экстремальной деятельности была и остается одной из самых актуальных в области прикладной физиологии. В настоящее время напряженность тренировочной работы и соревновательной деятельности в спорте многократно возросли и уже достигают предельных значений, дальнейший рост которых чреват перенапряжением организма (Платонов В.Н., 1988, 1997; Шамардин А.И., 2000; Солопов И.Н., Садовников Е.С., 2000; Бальсевич В..К., 2001; Солопов И.Н., 2004). Исходя из этого, одной из самых насущных задач в физиологии спорта является задача поиска и разработки инновационных подходов к организации тренирующих воздействий, разработки новых высокоэффективных средств стиму-

ляции адаптированности организма, способных обеспечить расширение адаптивных реакций без существенного увеличения, и так уже достигших предельных значений, объема и интенсивности тренировочных нагрузок (Солопов И.Н., 1996, 1998; Шамардин А.И., 2000; Бальсевич В.К., 2001; Виноградов В.Е., 2007; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2015).

В этом плане, уже достаточно давно показано, что физические нагрузки уже сами по себе обеспечивают определенные изменения в функциональных системах, которые обусловливают рост функциональных возможностей физиологических систем и всего организма в целом и повышение физической работоспособности (Вазин А.Н. и др., 1978; Судаков К.В., 1984). Вместе с тем скорость развития адаптированности может быть существенно увеличена посредством использования дополнительных воздействий, выступающих в качестве эргогенических факторов.

В качестве таких эргогенов уже достаточно давно применяются различные варианты регламентирования дыхательной функции (работа в условиях гипоксии в горах, дыхание при увеличенном эластическом и аэродинамическом сопротивлении, дыхание через искусственно увеличенное «мертвое пространство», различные формы произвольной модификации легочной вентиляции и др.) как в покое, так и при физических нагрузках (Крестовников А.Н., 1951; Яхонтов Б.О., 1971; Кучкин С.Н., 1986, 1991; Солопов И.Н., 1988, 1998; 2004; Кучкин С.Н. и др., 1996; Солопов И.Н. и др., 1997; Шамардин А.И., 2000; Шамардин А.А. и др., 2008, 2013; Волков Н.И. и др., 2013; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2015).

Такие функциональные воздействия в большой степени усиливают влияние на организм традиционных физических упражнений и обеспечивают дополнительную стимуляцию развития и совершенствования адаптивных механизмов (Летунов С.П., 1967; Кучкин С.Н., 1986; Солопов И.Н. и др., 1993; Кучкин С.Н. и др., 1996; Шамардин А.И., 2000; Шамардин А.А. и др., 2008; Солопов И.Н., 2013).

Это оказывается возможным ввиду того, что физиологические механизмы развития адаптированности к действию на человека различных факторов являются весьма схожими. При этом ведущее место среди них занимают неспецифические реакции, в результате которых поддержание гомеостаза и выработка повышенной сопротивляемости к какому-либо одному фактору внешней среды влекут за собой и одновременное возрастание устойчивости организма к некоторым другим неблагоприятным воздействиям. При любых таких воздействиях в организме возникают приспособительные реакции, направленные на повышение его неспецифической резистентности (Солодков А.С., 1981; Солопов И.Н., 2001).

Рядом исследований показана необходимость и полезность применения в тренировке спортсменов дополнительных эргогенических средств повышения работоспособности, например, направленных воздействий на дыхательную систему (Кучкин С.Н., Бакулин С.А., 1985; Кучкин С.Н., 1991; Солопов И.Н., 2004, 2013). Эти средства позволяют более эффективно повышать уровень функциональных возможностей организма (Волков Н.И. и др., 1998; Шамардин А.И., 2000; Солопов И.Н., 2004, 2013; Шамардин А.А. и др., 2008), обеспечивают в значительной мере интенсификацию процессов адаптации к тренирующим воздействиям (Платонов В.Н., 1997; Шамардин А.И., 2000; Солопов И.Н., 2001, 2004, 2013; Шамардин А.А. и др., 2008, 2013; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2015).

Спектр известных и используемых в спортивной тренировке эргогенических средств весьма обширен (Солопов И.Н., 2004, 2013). Наибольшее распространение в спортивной практике приобрела тренировка на возвышенности (в условиях среднегорья и высокогорья), которая стала неотъемлемым компонентом в системе тренировки представителей большинства видов спорта атлетического характера (Летунов С.П., 1967; Суслов Ф.П., 1983, 1999; Булатова М.М., 1997; Berglund B., 1992; Boning D. , 1997; Capelli C. et

al., 1998; Haverkampf H., 1999; Bonetti D. L., Hopkins W.G., 2009; Truijens M.J. et al., 2003; Truijens M.J., 2013).

В тренировке спортсменов все чаще используется методика дыхания газовыми смесями с различным процентным содержанием кислорода и углекислого газа (Hagerdal M. et al., 1975; Кучкин С.Н. и др., 1980; Агаджанян Н.А., Красников Н.П., 1985; Горанчук В.В. и др., 1996; Kay B. et al., 2008; Stellingwerff T., Leblanc P.J., 2006; Suchy J. et al., 2010; Корягина Ю.В. и др., 2015).

Довольно широкое распространение в спортивной практике получило применение дыхательных упражнений (Михайлов В.В., 1983; Кучкин С.Н., 1991; Вишнякова С.В. и др., 1998; Солопов И.Н., 2004). Показано, что их систематическое применение в процессе тренировки, особенно юных спортсменов, весьма существенно повышает легочные объемы, увеличивает силу и выносливость дыхательной мускулатуры, повышает способность поддерживать значительные уровни легочной вентиляции (Кучкин С.Н., 1991, 1999; Солопов И.Н., 2004).

Еще одним действенным средством эргогенного воздействия является дыхание через дополнительное «мертвое» пространство (ДМП). Показано весьма положительное влияние использования дыхания через ДМП на адаптационные механизмы организма к мышечным нагрузкам. Отмечается, что в первую очередь совершенствуются мобилизационные возможности дыхательной системы (Виру А.А. и др., 1969; Фарфель В.С. и др., 1968; Яхонтов Б.О., 1969, 1971; Sackner J.D. et al., 1980; Сверчкова В.С. и др., 1982; D’Urzo A.D. et al., 1986; Солопов И.Н., 1988, 2004; Лупанов А.И. и др., 1996; Шамардин А.А. и др., 2008; Чемов В.В., 2013).

Весьма перспективной представляется методика произвольной регламентации дыхательной функции, способная обеспечить направленное управление уровнем легочной вентиляции, и через это – управление некоторыми параметрами газового гомеостаза организма. Более часто применяется произ-

вольно достигаемая гиповентиляция, сопровождаемая условиями относительной гипоксии и гиперкапнии (Бреслав И.С., 1975; Михайлов В.В., 1983; Кучкин С.Н., 1986; Солопов И.Н., 1988, 1998, 2004, 2013; Breudley M.E., Leith D.E., 1978; Фудин Н.А., 1983; Boutellier U., Piwko , 1989).

Одним из наиболее распространенных средств, используемых в различных областях специальной подготовки организма, и в спорте в том числе, является дыхание в условиях увеличенного эластического и, что чаще, аэродинамического сопротивления дыхательным движениям и дыхательным потокам (Крестовников А.Н., 1951; Pengelly L.D. et al., 1975; Lopata M., Pearle J.L., 1980; Harber P. et al., 1984; Belman M.J., Shadmehr R., 1988; Солопов И.Н. и др., 1993; Солопов И.Н., 2004; Шамардин А.А. и др., 2008; Чемов В.В., 2013; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2015).

Для создания увеличенного аэродинамического сопротивления дыхания применяются самые разнообразные приспособления. Например, для создания условий повышенного аэродинамического сопротивления дыханию предлагается использовать различные дыхательные маски или загубники, в которых инспирация-экспирация происходят через зауженную диафрагму (Кучкин С.Н., Бакулин С.А., 1985; Belman M.J. Shadmehr R., 1988), или же простые промышленные защитные респираторы, которые уже сами по себе обладают дополнительным сопротивлением дыхательным потокам (Студеникина Н.Н., Борисов Е.П., 1969). Довольно часто использование диафрагмирования дыхательного просвета дополняется специальными приспособлениями, позволяющими регулировать (задавать) некоторые параметры дыхания (ротовое давление, частоту дыхания, длительность вдоха и др.), что обеспечивает большую точность дозировки респираторной нагрузки (Belman M.J., Shadmehr R., 1988; Солопов И.Н., 1999).

При дыхании с увеличенным сопротивлением, особенно в процессе мышечных нагрузок, развивается состояние гиповентиляции, и, как следствие, наступают гиперкапния и гипоксия (Бреслав И.С. и др., 1987). Сущест-

венно возрастает нагрузка на дыхательную мускулатуру, что обусловливает ее большую механическую работу (Тихонов М.А., Асямолова Н.М., 1986; Александрова Н.П., 1992). Эти эффекты играют роль дополнительных адаптогенных факторов. При этом воздействие носит как локальный характер, так и влияет на организм в целом. В результате систематической экспозиции таких воздействий на организм наблюдается значительное увеличение показателей физической работоспособности, силы и выносливости инспираторных и экспираторных мышц (Волегов В.П., 1970; Pardy R. et al., 1981; Sonne L.J., Davis J.A., 1982; Солодков А.С., Савич А.Б., 1991; Солопов И.Н. и др., 1993; Кучкин С.Н. и др., 1996; Солопов И.Н., 2004, 2013).

Глава 2
ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Организация исследования и контингент обследованных

Работа выполнена на базе кафедры анатомии и физиологии Волгоградской государственной академии физической культуры в течение 2013-2015 годов.

В исследовании приняли участие 128 спортсменов мужского пола различного возраста и разной спортивной специализации, не имеющие функциональных патологий, характеризующиеся как относительно здоровые. Среди них представители циклического вида спорта – легкой атлетики, специализирующиеся в беге на средние дистанции, и игрового вида спорта, сочетающего циклические и ациклические движения – футбола, а также занимающиеся плаванием, как циклическим видом спорта, движения в котором выполняются в условиях с гидродинамическим сопротивлением и атипичным гравитационным положением тела.

Всего было проведено 128 комплексных обследований (2560 измерений), см. табл. 2.1.

Исследования проведены в три основных этапа:

На первом этапе осуществлено изучение научно-методической литературы по теме исследований, произведен подбор адекватных методов и методических приемов исследования, определен контингент обследуемых.

На втором этапе проведено изучение параметров функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов разного возраста и с разной степенью адаптации к мышечной деятельности, а также физиологическое исследование в процессе экспериментальной тренировки, заключающиеся в изучении динамики показателей функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов в результате применения при тренировочных

нагрузках дыхания в условиях увеличенного аэродинамического сопротивления.

На третьем этапе проведена математическая обработка полученного экспериментального материала, его анализ, описание и оформление диссертационной работы.

Таблица 2.1

Объем исследований по основным направлениям и возрастно-половой и количественный состав контингента обследованных спортсменов

Направление исследований	Спортивная специализация	Количество исследований	Пол	Возраст, лет	Количество обследованных
Анализ показателей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов на разных этапах многолетней адаптации к мышечной деятельности	Футбол	360	Муж.	12–14	18
	Футбол	360	Муж.	15–16	18
	Футбол	320	Муж.	17–20	16
Анализ показателей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов с разной структурой двигательных актов	Футбол	500	Муж.	17-20	25
	Плавание	360	Муж.	17–20	18
	Легкая атлетика (бег)	340	Муж.	17–20	17
Анализ показателей функциональной реактивности и функциональной мобилизации при систематическом использовании дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением в тренировке	Легкая атлетика (бег)	320	Муж.	17-20	16
Всего:	-	**2560**	-	-	**128**

Работа выполнена при соблюдении основных биоэтических правил и требований с научным обоснованием планируемых исследований, анализом возможных рисков и состояний дискомфорта, описанием исследования для неспециалистов (Генин А.М. и др., 2001).

2.2. Методы исследования

Для достижения поставленных в исследовании задач использовались апробированные методы, позволяющие осуществлять определение и оценку различных показателей функционального состояния организма, уровня физической работоспособности и аэробной производительности спортсменов. Полученные результаты были обработаны с помощью методов вариационной статистики.

Был проведен теоретический анализ и обобщение данных доступных литературных источников. Было изучено и проанализировано 223 литературных источника отечественных и зарубежных авторов.

Определение уровня общей физической работоспособности (PWC_{170}). Общая физическая работоспособность определялась в рамках проведения теста PWC_{170} при двух физических нагрузках различной мощности длительностью по 5 минут (Sjostrand T., 1947; Карпман В. Л. и др., 1972, 1977; Белоцерковский З.Б., 2005).

Обследуемыми выполнялись две мышечные нагрузки различной мощности. Мощность первой нагрузки должна была увеличивать частоту сердечных сокращений до значений в 120-140 уд/мин, а вторая - 150-170 уд/мин. Между этими нагрузками обследуемые имели перерыв, равный также 5 минутам. По завершению каждой нагрузки определяли частоту сердечных сокращений электрокардиографическим методом.

Показатель PWC_{170} определяли по формуле В. Л. Карпмана и др. (1974):

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где W_1 и W_2 – мощность первой и второй нагрузок, f_1 и f_2 – частота сердечных сокращений после первой и второй нагрузок.

Нагрузка задавалась на велоэргометре. Регистрация частоты сердечных сокращений (HR) осуществлялась по электрокардиограмме.

Определение максимальной аэробной производительности (VO_{2max}) и максимальной мощности кратковременной работы (W_{max}). Сразу после выполнения второй нагрузки в рамках теста PWC_{170}, обследуемым предлагалось выполнить работу максимальной мощности. Как правило, спортсмены были способны поддерживать такую нагрузку в течение 2-3 минут. В этот период фиксировали уровень потребления кислорода и определяли максимальную мощность кратковременной работы.

Определение частоты сердечных сокращений (HR). Частоту сердечных сокращений измеряли в условиях оперативного покоя (электрокардиографическим методом в положении сидя), в период врабатывания на первой минуте выполнения физической нагрузки стандартной мощности, во время достижения максимальной мощности мышечной нагрузки, а также на первой и пятой минутах периода восстановления.

Определение показателей паттерна дыхания. Во все изучаемые периоды одновременно измерялись следующие параметры внешнего дыхания: минутный объем легочной вентиляции (VE), частота дыхания (fb), величина дыхательного объема (Vт). Регистрация выше обозначенных показателей производилась при помощи комбинированного прибора «Ergo-Oxyscreen (Jaeger)».

Процедура исследований

На всех этапах исследования основной функциональной пробой являлось выполнение многоступенчатой мышечной нагрузки, представляющей собой модифицированный тест для определения общей физической работоспособности. Изменения заключались в добавлении третьей ступени физической нагрузки, которая предусматривала максимальное увеличение мощно-

сти работы в течение 2-3 минут. Частота сердечных сокращений при этом должна была составлять величину ≥ 180 уд/мин.

В течение всего теста одновременно осуществлялась регистрация параметров паттерна дыхания, частоты сердечных сокращений и газового метаболизма при помощи метабалографа «Ergo-oxyscreen (Jaeger)».

Предварительно все изучаемые параметры определялись в условиях мышечного покоя ($HR_{покоя}$, $fb_{покоя}$, $VT_{покоя}$, $VE_{покоя}$).

В начале (на первой минуте) физической нагрузки стандартной мощности (первая ступень), при выполнении физической нагрузки максимальной мощности (максимальные значения), в период восстановления (на первой и пятой минутах) регистрировались величины мощности нагрузки (W), частоты сердечных сокращений (HR), потребления кислорода (VO_2), легочной вентиляции (VE), частоты дыхания (fb) и величины дыхательного объема (VT).

Расчетным путем получали показатели функциональной реактивности и функциональной мобилизации как отношение изучаемых параметров при нагрузках и в период восстановления относительно уровня покоя.

Физиологическое исследование в процессе экспериментальной тренировки

С целью выяснения динамики параметров функциональной реактивности и мобилизации спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, была организована и проведена экспериментальная тренировка. В эксперименте участвовало 16 спортсменов, бегунов на средние дистанции (18-20 лет). Были сформированы контрольная (5 человек) и исследуемая группы (11 человек) одинаковой физической подготовленности.

В течение всего периода тренировки (четыре недели) обе группы выполняли единый тренировочный план у одного тренера. Участники исследуемой группы, в отличие от контрольной, 20 - 25 % всего объема тренировочной работы выполняли при экспозиции увеличенного сопротивления ды-

ханию. Для этого использовалась дыхательная маска со встроенной в нее диафрагмой, обеспечивающей инспираторно-экспираторное аэродинамическое сопротивление равное 8-10 см вд.ст.

Методы математической обработки

Весь объем первичных цифровых данных и их статистический анализ осуществлялся при помощи программного пакета Microsoft Excel XP (Copyright ©, 1999-2003 by Microsoft Corporation).

Методы математической статистики использовались в соответствии с приводимыми в специальной литературе рекомендациями (Каминский Л.С., 1964; Бейли Н., 1964; Schutz R.W., 1973; Урбах В.Ю., 1975; Зациорский В.М., 1979, 1982; Лакин Г.Ф., 1980, 1990).

Рассчитывались следующие основные статистические показатели: средняя арифметическая величина (x) и средняя ошибка среднего арифметического (m), критерий различий средних величин Стьюдента (t), парный коэффициент корреляции (r). За достоверный принимался 5-ти процентный уровень значимости.

Глава 3
ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АДАПТИРОВАННОСТИ К СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ ЛОКОМОЦИЙ

В настоящее время сложилось достаточно четкое представление о спортивной тренировке как процессе адаптации организма к физическим нагрузкам, выражающемся в повышении уровня функциональных возможностей организма спортсмена (Платонов В.Н., 1997; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010). При этом физиологическая сущность долговременной адаптации функциональных систем организма спортсменов состоит в оптимизации совокупности реактивных свойств систем, направленных на реализацию функциональных возможностей организма (Мищенко В.С., 1990; Лысенко Е.Н., 2006).

В общем виде функциональная реактивность понимается как способность организма изменять физиологические функции при воздействии самых различных факторов внешней среды. Реактивность состоит главным образом в реакциях, противодействующих влияниям внешней среды, в изменениях жизнедеятельности организма как целого. Реактивность зависит от всего комплекса функциональных отправлений организма, от функций нервной системы, желез внутренней секреции, защитных (иммунобиологических) свойств крови, проницаемости стенок мелких кровеносных сосудов, физиологического состояния соединительной ткани (Фомин Н.А., 1995).

Основные механизмы экстренного развертывания физиологических функций и достижения их предельных значений заключаются в усилении влияний симпатической нервной системы, повышении гормональной функции системы гипоталамус - гипофиз - надпочечники и активности ферментных систем.

Все факторы высоких функциональных возможностей спортсменов, которые достигаются в результате спортивной тренировки, должны быть реализованы через адекватные изменения реактивных свойств физиологических систем организма. Приспособление реактивных свойств физиологических систем при этом выступает как исполнительный механизм гомеостатической регуляции. Характер оптимизации реактивных свойств в процессе адаптации основывается на возрастающих возможностях исполнительных органов физиологических систем (Лысенко Е.Н., 2006).

3.1. Показатели функциональной реактивности у спортсменов различной подготовленности в начальной фазе выполнения физической нагрузки

Способность организма экстренно реагировать на физические нагрузки, максимально быстрые мобилизационные возможности физиологических систем в самом начале работы и возможности такого же быстрого их восстановления крайне важны для проявления физической работоспособности при спортивной деятельности, особенно при упражнениях, сопряженных с переменными по интенсивности физическими нагрузками (Мищенко В. С., 1990; Солопов И. Н. и др., 2010).

Характеристики функциональной реактивности и мобилизации в большой мере обусловливаются такими переменными, как уровень подготовленности, так и индивидуально-типологическими особенностями организма спортсмена (Лысенко Е. Н., 2006). В литературе отмечается, что подготовленность спортсменов различного уровня имеет характерные и своеобразные факторные особенности структуры параметров, которые обусловливают и лимитируют мобилизационные возможности организма при специфической (спортивной) мышечной деятельности (Кучкин С. Н., 1986, 1999; Да-

выденко Д. Н., 1988; Волков В. М., Ромашов А. В., 1991; Шамардин А. И., 2000; Солопов И. Н. и др., 2010).

В этой связи знание закономерностей развития, механизмов реализации функциональной реактивности и мобилизационных возможностей организма является одним из важнейших факторов, способствующих рационализации процесса функциональной подготовки, адекватного контроля и объективной оценки функциональной подготовленности спортсменов. Изучение особенностей и закономерностей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов на разных этапах многолетней спортивной тренировки является крайне важной задачей, решение которой позволит получить сведения, которые могут быть использованы при определении направлений и путей повышения мобилизационных способностей спортсменов, определении средств, методов и режимов тренирующих воздействий.

Исходя из этого, задачей данного раздела исследований явилось выяснение уровня и динамики параметров функциональной реактивности у спортсменов разной степени адаптированности к специфической мышечной деятельности.

Для достижения поставленной цели были осуществлены комплексные спироэргометрические исследования с участием спортсменов футболистов трех квалификационных групп футболистов: III спортивного разряда, 12-14 лет (n = 18), II разряда, 15-16 лет (n = 18) и I разряда-КМС, 17-20 лет (n = 16).

Изучение влияния на параметры функциональной реактивности возростно-квалификационного фактора, именно у спортсменов футболистов, было обусловлено тем обстоятельством, что в футболе локомоции по своей биомеханической структуре относящиеся как к циклическим, так и к ациклическим физическим упражнениям, встречаются примерно в равных соотношениях. Это позволяет в определенной мере экстраполировать полученные результаты и на многие другие спортивные специализации.

Обследуемым спортсменам предлагалось выполнить стандартную функциональную пробу, описанную в главе 2 (процедура исследования), в процессе которой осуществлялась регистрация величин частоты сердечных сокращений (HR), легочной вентиляции (VE), частоты и глубины дыхания (fb и Vт) и потребление кислорода (VO_2), которые определяли при помощи метабалографа «Ergo-oxyscreen (Jaeger)».

Функциональная реактивность (скорость выхода функциональных параметров на необходимый уровень изменений при начале выполнения физической нагрузки – скорость реагирования) оценивалась по показателям увеличения частоты сердечных сокращений ($HRW_1/HR_{покоя}$), увеличения легочной вентиляции ($VEW_1/VE_{покоя}$), увеличения частоты дыхания (fb W1/ $fb_{покоя}$), увеличения дыхательного объема ($VTW_1/ V_{Т\ покоя}$) и потребления кислорода ($VO_2W_1/VO_{2покоя}$) на первой минуте стандартной нагрузки относительно уровня покоя. Кроме того, сравнивались абсолютные величины HR, VE, fb, VT И VO_2, фиксируемые на первой минуте физической нагрузки стандартной мощности.

Средние значения изучаемых показателей функциональной реактивности, зарегистрированные у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в начальной фазе выполнения стандартной мышечной нагрузки, представлены в таблице 3.1.

Из представленных данных видно, что абсолютные величины параметров кардиореспираторной системы и минутного потребления кислорода у спортсменов различной подготовленности и возраста довольно значительно различаются. У менее подготовленных спортсменов практически все показатели достоверно больше ($P<0,05$). С ростом функциональной подготовленности выраженность реакций вегетативных систем на стандартную физическую нагрузку планомерно уменьшается, что объясняется развитием процессов экономизации (Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н., 2010).

Обнаруженная динамика абсолютных величин вегетативных параметров и относительных показателей функциональной реактивности вполне отражает закономерный процесс снижения уровня показателей функциональной мобилизации с ростом подготовленности спортсменов (Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н. и др., 2010). Так как эти изменения были характерны для начальной фазы выполнения мышечной работы стандартной мощности, можно констатировать, что с ростом подготовленности спортсменов реакции организма на стандартную нагрузку становятся менее выраженными, они минимизируются. Вполне закономерен вывод о развивающемся процессе функциональной экономизации по ходу развития адаптированности и многолетнего повышения функциональных возможностей.

Таблица 3.1

Средние величины показателей функциональной реактивности у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в начальной фазе выполнения стандартной мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III разряд (12-14 лет) (n=18)	II разряд (15-16 лет) (n=18)	I разряд-КМС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HR_{W1}, уд/мин	135,9±2,2	113,5±3,0	120,9±5,6	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VO_{2W1}, мл/мин	996,1±64,1	596,5±68,5	484,4±46,7	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VE_{W1}, л/мин	25,1±1,8	15,8±1,0	12,7±0,6	P<0,05	P<0,05	P<0,05
fb_{W1}, цикл/мин	29,4±1,2	21,8±1,1	19,8±1,2	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$V_{T\,W1}$, мл	854,7±49,2	748,5±53,1	698,0±40,6	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$HR_{W1}/HR_{покоя}$, %	160,5±3,8	146,0±4,7	115,2±13,3	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$VEW_1/VE_{покоя}$, %	315,9±23,0	224,3±13,1	179,6±8,1	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$fb_{W1}/fb_{покоя}$, %	171,4±7,1	144,8±5,9	149,3±9,2	P<0,05	P>0,05	P>0,05
$V_{T\,W1}/V_{T\,покоя}$, %	186,7±12,3	160,7±13,1	134,4±11,6	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$VO_{2W1}/VO_{2покоя}$, %	380,2±27,6	241,9±22,9	195,1±21,4	P<0,05	P<0,05	P>0,05

Сравнительный анализ относительных показателей, отражающих степень функциональной реактивности физиологических систем организма на физическую нагрузку стандартной мощности, позволил наблюдать однозначную направленность их изменений от одной возрастно-квалификацинной группы спортсменов к другой.

Наибольшие сдвиги изучаемых показателей наблюдаются у спортсменов III спортивного разряда, 12-14 лет. Функциональная реактивность вегетативных систем характеризуется величинами прироста их показателей при работе относительно уровня покоя в диапазоне от 160,5 до 380,2 % (в среднем 242,9%).

В то же время реакция вегетативных систем на стандартную физическую нагрузку в группе спортсменов II разряда, 15-16 лет, выражается в увеличении анализируемых параметров, в среднем равном 183,5% (в диапазоне от 144,8 до 241,9%).

В группе спортсменов, имеющих наиболее высокую подготовленность (I разряд – КМС, 17-20 лет) функциональная реактивность характеризуется средним увеличением параметров вегетативных систем, равным 154,7% (в диапазоне от 115,2 до 195,1%).

3.2. Специфические особенности функциональной реактивности у спортсменов различной двигательной специализации в начальной фазе выполнения физической нагрузки

Одним из важнейших проявлений адаптированности организма к мышечным нагрузкам и условий высокой физической работоспособности спортсменов, является уровень мобилизационных возможностей физиологических функций организма, что выражается в более быстром выходе физио-

логических систем на необходимый уровень функционирования в начале физической нагрузки (функциональная реактивность), увеличении предельных возможностей организма в процессе специфической мышечной деятельности (Солодков А.С., 1987, 1995; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008, 2012; Солопов И.Н. и др., 2010). Реагирование организма на физические нагрузки обеспечивается комплексом физиологических реакций, которые разнообразно сочетаются и имеют индивидуальные и специфические черты (Солодков А.С., 1987, 1995; Харитонова Л.Г., 1991; Мищенко В.С. и др., 1999).

Важнейшим аспектом функциональной мобилизации являются возможности физиологических систем в отношении быстрого усиления и выхода на необходимый уровень их функций в начале физической работы (Волков В.М., 1990). Вместе с тем, подвижность функционирования систем, определяемая скоростью развертывания функциональных и метаболических реакций в начале работы и при изменениях ее интенсивности, выступает важнейшим фактором, определяющим физическую работоспособность, и является наиболее специфическим, тесно связанным со спортивной специализацией (Мищенко В.С., 1980).

Изменения физиологической реактивности, во всех ее проявлениях, отражают функциональный потенциал и степень реализации возможностей организма при физических нагрузках и взаимообусловлены с характером спортивной тренировки (Лысенко Е.Н., 2006).

В виду выше изложенного, изучение специфических особенностей функциональной реактивности у спортсменов, имеющих устойчивую адаптированность к физическим нагрузкам с различным паттерном моторики, является крайне насущной задачей, решение которой позволит получить сведения, которые могут быть использованы для оптимизации системы контроля функционального состояния организма и определении средств, методов и режимов тренирующих воздействий.

Задача данного раздела исследования состояла в изучении уровня и динамики параметров функциональной реактивности у спортсменов, адаптированных к специфической мышечной деятельности с различным характером локомоций.

Для участия в исследовании были приглашены спортсмены, специализирующиеся в трех видах спорта: пловцы (n = 18), бегуны (n = 17) и футболисты (n = 25), имеющие одинаковый возраст и уровень функциональной подготовленности.

В начале исследования у спортсменов всех групп измеряли уровень потребления кислорода и регистрировали показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем в условиях покоя (метабалограф «Ergo-oxyscreen Jaeger»).

Далее все испытуемые выполняли физическую нагрузку стандартной мощности, которая дозировалась по величине индивидуальной частоты сердечных сокращений на уровне 120 – 150 уд/мин. В процессе выполнения нагрузки одновременно регистрировали величины частоты сердечных сокращений (HR), легочной вентиляции (VE), частоты дыхания (fb), дыхательного объема (VT) и потребление кислорода (VO_2).

Функциональная реактивность (скорость выхода функциональных параметров на необходимый уровень изменений при начале выполнения физической нагрузки - скорость реагирования) оценивалась по показателям увеличения частоты сердечных сокращений ($HRW_1/HR_{покоя}$), увеличения легочной вентиляции ($VEW_1/VE_{покоя}$), увеличения частоты дыхания ($fb\ W1/\ fb_{покоя}$), увеличения дыхательного объема ($VT\ W1/\ V_{T\ покоя}$) и потребления кислорода ($VO_2W_1/VO_{2покоя}$) на первой минуте стандартной нагрузки относительно уровня покоя. Кроме того, сравнивались абсолютные величины HR, VE, fb, Vт и VO_2, фиксируемые на первой минуте физической нагрузки стандартной мощности.

Средние значения изучаемых показателей функциональной реактивности, зарегистрированные у спортсменов разной специализации в начальной фазе выполнения стандартной мышечной нагрузки, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Средние величины показателей функциональной реактивности у спортсменов разных специализаций в начальной фазе выполнения стандартной мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная специализация			Достоверность различий		
	Футбол (n=25)	Бег (n=17)	Плавание (n=18)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HRW_1, уд/мин	115,4±3,3	126,8±3,3	124,2±3,2	P<0,05	P>0,05	P>0,05
VO_2W_1, мл/мин	570,8±64,9	894,1±77,9	973,4±72,9	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$VE\ W_1$, л/мин	15,2±0,8	20,2±1,5	19,5±1,6	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$fb\ W_1$, цикл/мин	20,7±0,9	21,6±1,4	20,1±1,1	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$V_T\ W_1$, мл	758,2±39,7	972,8±69,2	996,0±75,8	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$HRW_1/HR_{покоя}$, %	144,4±4,2	152,2±4,2	159,9±5,7	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$VEW_1/VE_{покоя}$, %	219,2±11,0	181,2±16,2	282,8±27,4	P>0,05	P<0,05	P<0,05
$fb\ W_1/\ fb_{покоя}$, %	139,8±7,1	134,9±12,4	155,0±5,9	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$V_T\ W_1/\ V_{T\ покоя}$, %	166,1±11,6	142,4±13,3	183,8±17,2	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VO_2W_1/VO_{2покоя}$, %	227,1±21,9	296,0±29,1	332,2±25,6	P>0,05	P<0,05	P>0,05

Из приведенных данных можно видеть, что абсолютные величины параметров кардиореспираторной системы и минутного потребления кислорода у спортсменов различной специализации довольно существенно различаются между собой.

Так, наибольшие величины потребления кислорода на первой минуте стандартной работы обнаружились у пловцов (973,4±72,9 мл/мин) и бегунов (894,1±77,9 мл/мин), которые не различались между собой (P>0,05). Одно-

временно у футболистов величина минутного потребления кислорода была достоверно меньше (570,8±64,9 мл/мин), по сравнению как с пловцами, так с бегунами (P<0,05).

Точно такая же картина наблюдалась и в показателях частоты сердечных сокращений, и в показателях внешнего дыхания. Так, величины легочной вентиляции и дыхательного объема у пловцов и бегунов, не различаясь между собой, были достоверно больше, чем у футболистов (P<0,05).

Исключение составляет только показатель частоты дыхания. Его величины были практически на одном уровне у представителей всех рассматриваемых спортивных специализаций и не различались между собой (P>0,05).

Сравнительный анализ относительных показателей, отражающих степень функциональной реактивности физиологических систем организма на физическую нагрузку стандартной мощности (прирост величины параметра при работе относительно уровня покоя в %), показал, что и эти параметры определенным образом различаются у спортсменов разных специализаций.

Все без исключения показатели функциональной реактивности были выше у представителей плавания (прирост находился в диапазоне от 155,0 до 332,2 %, в среднем – 222,7%). В то же время у бегунов и футболистов изучаемые показатели, достоверно не различаясь между собой, были в большинстве случаев статистически меньше, чем у пловцов (в среднем у бегунов – 181,3% , у футболистов –- 179,3%).

3.3. Состояние напряженности регуляторных механизмов у спортсменов различного уровня подготовленности и различной специализации

Неоднократно отмечалось, что функциональная подготовленность спортсменов, по сути, является комплексом взаимосвязанных и взаимообусловленных параметров-компонентов. В этой связи для адекватной оценки

функциональной подготовленности организма в целом, наряду с определением абсолютных показателей всей совокупности параметров, отражающих функциональные возможности организма спортсменов, крайне важно и необходимо осуществлять оценку состояния механизмов регуляции функций, их напряженность (Фомин В. С., 1984; Солопов И. Н. и др., 2010).

Известно, что морфологическая и функциональная специализации физиологических систем и организма в целом выражается, в том числе, и в формировании целесообразной и устойчивой структуры межсистемных взаимоотношений в организме, обеспечивающей оптимальные условия для проявления максимальной величины специальной физической работоспособности. Это затрагивает все физиологические системы, но, в первую очередь, локомоторную и вегетативные. Иными словами, для проявления максимально возможного уровня работоспособности к текущему моменту одним из важнейших условий является степень взаимодействия между интенсивностью и режимом работы мускулатуры, вовлеченной в выполнение заданного двигательного акта и физиологическими механизмами энергопродукции, обеспечивающими данное движение (Верхошанский Ю. В., 1988; Солопов И. Н., 2010).

В этой связи для диагностики функциональной подготовленности организма спортсмена крайне важное значение имеет оценка характера и тесноты межпарамерических взаимодействий. Исходя из этого, для более полной и адекватной оценки уровня функционального состояния и функциональной подготовленности необходим анализ интегрирования и взаимообусловленности различных параметров функциональных систем организма.

Такую возможность предоставляет анализ степени тесноты взаимосвязей различных параметров физиологических систем организма. Известно, что степень силы межпараметрических взаимосвязей определяется возможностями функциональных систем и силой внешних влияний на организм. При низкой интенсивности внешних воздействий теснота межсистемных связей

невелика. Повышение интенсивности воздействий неизбежно вызывает увеличение тесноты взаимосвязей между функциональными системами. Это обусловливает определенное расширение функциональных возможностей организма в целом за счет некоторого ограничения этих возможностей у отдельных физиологических систем. При этом усиление межпараметрических связей рассматривается как свидетельство роста напряженности регуляторных механизмов (Гедымин М. Ю. и др., 1988).

Как правило, для оценки степени интегрированности функциональных параметров еще рассчитывается показатель «мощности корреляции» (корень из суммы всех сводных коэффициентов корреляции). В литературе указывается, что снижение регулирующих влияний на физиологические системы проявляется в диссоциированном изменении отдельных параметров и низком значении показателя «мощности корреляции». Увеличение же тесноты межпараметрических связей отражает повышение уровня регулирующих влияний на функциональные системы и проявляется в более высоких значениях показателя «мощности корреляции», что отражает развитие функциональной оптимизации (Судаков К. В. и др., 1995; Исаев А. П. и др., 1997; Медведев Д. В., 2007; Солопов И. Н. и др., 2010).

Исходя из выше изложенного, нами был произведен сравнительный анализ тесноты межпараметрических связей изучаемых параметров функциональной реактивности и рассчитаны значения показателей «мощности корреляции» в трех обследуемых возрастно-квалификационных группах спортсменов.

На рисунке 3.1 представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров функциональной реактивности у спортсменов разного возраста и квалификации.

Из представленных данных можно видеть (рис. 3.1 А), что у юных спортсменов 12-14 лет (III разряд) количество статистически значимых корреляционных связей между изучаемыми показателями функциональной реак-

тивности было весьма большим (17). Показатель «мощности корреляции» в этой группе обследуемых спортсменов также имел наибольшее значение и составил 4,53 у.е.

При этом такая большая степень общей напряженности регуляторных механизмов была обусловлена шестью параметрами, которые имели наибольшее количество статистически значимых взаимосвязей (не менее четырех) с другими показателями функциональной реактивности спортсменов и являлись своеобразными узловыми точками напряженности (VO_2W_1; VE W_1; VT W_1; VTW_1 / $VT_{покоя}$; VE W_1/$VE_{покоя}$ и VO_2 W_1 / $VO_{2покоя}$).

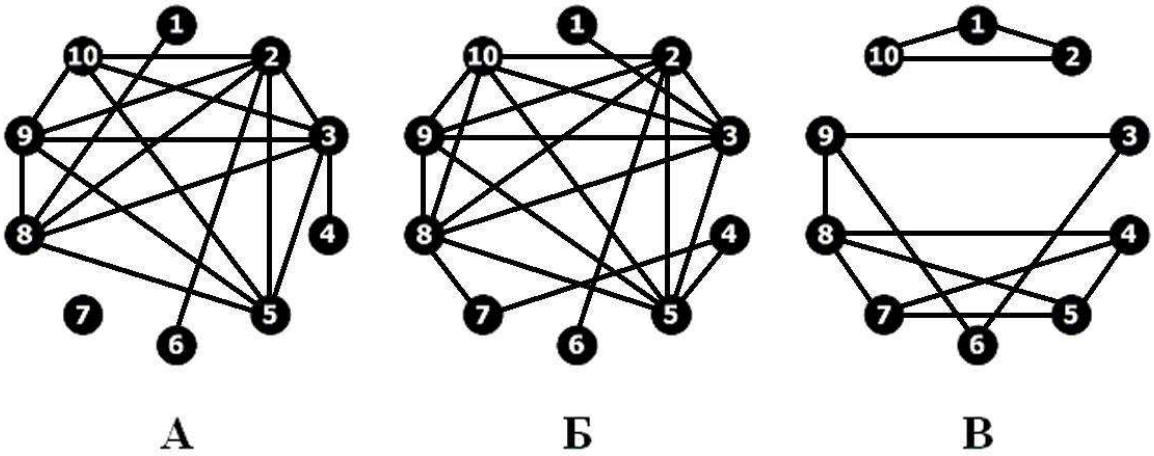

Рис. 3.1. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную реактивность спортсменов разного возраста и квалификации (только достоверные взаимосвязи).
А – 12-14 лет (III разряд), Б – 15-16 лет (II разряд), В – 17-20 лет (I разряд - КМС).
(1 - HR_{W1}; 2 - VO_{2W1}; 3 - VE_{W1}; 4 - fb_{W1}; 5 - V_{TW1}; 6 - $HR_{W1}/HR_{покоя}$; 7 - $fbW_1/fb_{покоя}$; 8 - $VT_{W1}/VT_{покоя}$; 9 - $VE_{W1}/VE_{покоя}$; 10 - $VO_{2W1}/VO_{2покоя}$).

Это указывает на то, что на начальном этапе многолетнего процесса адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов футболистов напряженность регуляторных механизмов довольно велика. При этом большая величина показателя «мощности корреляции» указывает на весьма тесные межпараметрические связи и свидетельствует о высокой интенсивности регули-

рующих влияний на физиологические системы (Исаев А.П. и др., 1997; Медведев Д.В., 2007; Солопов И.Н. и др., 2010; Горбанева Е.П., 2012).

Во второй, более старшей группе спортсменов (15-16 лет, II разряд), отмечается небольшое увеличение количества статистически значимых взаимосвязей между изучаемыми параметрами – до 20 (рис 3.1, Б) при несколько снизившейся величине показателя «мощности корреляции» до 4,29 у.е.

В этой группе спортсменов узловыми, обусловливающими в наибольшей мере общую напряженность регуляторных механизмов, также являются 6 параметров, и они те же, что и в группе спортсменов 12-14 лет.

Сравнительный анализ тесноты и количества межпараметрических связей у спортсменов 17-20 лет, имеющих высокий квалификационный статус (I разряд – КМС), позволил обнаружить довольно существенное уменьшение количества статистически значимых межпараметрических связей до 13 (рис. 3.1, В). При этом наблюдалось одновременное уменьшение величины показателя «мощности корреляции» до 3,91 у.е.

Количество узловых параметров, обусловливающих общую напряженность регуляторных механизмов, у спортсменов 17-20 лет резко уменьшилось всего до 1, показателя степени увеличения дыхательного объема при нагрузке относительно его уровня в условиях покоя (VTW_1 / $VT_{покоя}$).

Эти свидетельствует о том, что с ростом специальной физической и функциональной подготовленности у спортсменов в значительной мере уменьшается напряженность регуляторных механизмов. Одновременно наблюдается и снижение уровня регулирующих влияний на физиологические системы.

На следующем этапе анализа рассматривались показатели напряженности регулирующих влияний у спортсменов различной специализации.

На рисунке 3.2 представлены статистически значимые взаимосвязи изучаемого спектра показателей у представителей различных специализаций, имеющих высокий уровень подготовленности и, следовательно, сформиро-

ванный уровень специфической адаптированности к специфической спортивной деятельности.

Сравнение показателей «мощности корреляции» обнаружило, что его величина была практически одинаковой во всех группах спортсменов. У пловцов – 4,09 у.е., у бегунов – 4,02 у.е., у футболистов 4,03.

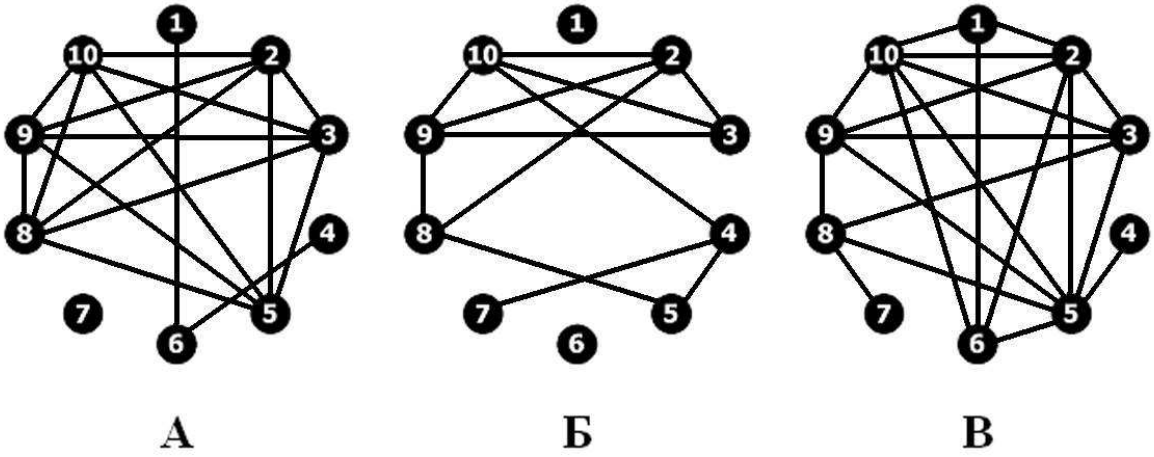

Рис. 3.2. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную реактивность спортсменов разной специализации (только достоверные взаимосвязи).
А – плавание, Б – бег, В – футбол.
(1 - HR_{W1}; 2 - VO_2W_1; 3 - VEW_1; 4 - fbW_1; 5 - $VтW_1$; 6 - $HR_{W1}/HR_{покоя}$; 7 - $fbW_1/fb_{покоя}$; 8 - $VTW_1/VT_{покоя}$; 9 - $VEW_1/VE_{покоя}$; 10 - $VO_2W_1/VO_{2покоя}$).

Из представленных графиков можно видеть, что теснота и количество межпараметрических связей у спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта весьма существенно различаются. Так у бегунов количество статистически значимых корреляционных связей наименьшее (12) по сравнению с представителями других видов спорта (рис. 3.2, Б). Это позволяет сделать заключение об относительно низкой степени напряженности регу-

ляторных механизмов, обеспечивающих специфическую двигательную деятельность бегунов.

У представителей футбола, в противоположность бегунам, обнаруживается наивысшая плотность межпараметрических корреляционных связей (21), что свидетельствует об относительно высокой степени напряженности регуляций (рис. 3.2В). У пловцов количество статистически значимых межпараметрических взаимосвязей находится на относительно среднем уровне (17 связей), рис. 3.2Б.

Сравнение структуры межпараметрических взаимосвязей у спортсменов различных специализаций обнаруживает специфическое представительство узловых параметров, в наибольшей мере оказывающих влияние на общий уровень напряженности регуляторных механизмов.

Наименьшее количество узловых параметров (имеющих четыре и более статистических взаимосвязей) оказалось у бегунов – 3: Уровень потребления кислорода в начале выполнения физической нагрузки стандартной мощности (VO_2W_1), степень усиления легочной вентиляции при стандартной работе относительно покоя ($VEW_1/VE_{покоя}$) и степень увеличения валового потребления кислорода при стандартной работе относительно уровня его потребления в покое ($VO_2W_1/VO_{2покоя}$).

У пловцов количество узловых параметров обнаруживается в несколько большем объеме (6). Более широкий спектр ключевых параметров обусловливается включением в их число таких показателей, как уровень текущей легочной вентиляции (VEW_1) и величина дыхательного объема (VTW_1) при работе стандартной мощности, и степень увеличения дыхательного объема при работе относительно уровня покоя ($VTW_1/VT_{покоя}$).

Наибольшее количество узловых параметров отмечается у футболистов (7). При этом в качестве узловых параметров у них выступают те же показатели, что и у пловцов с дополнением показателя степени увеличения частоты

сердечных сокращений при работе относительно уровня покоя ($HR_{W1}/HR_{покоя}$), рис. 3.2 В.

Таким образом, сравнительный анализ степени интегрированности всех параметров функциональной реактивности показал, что у спортсменов бегунов обнаруживается самая низкая степень напряженности регуляторных механизмов функциональной реактивности при таком же низком уровне функциональной оптимальности. Параметры функциональной реактивности пловцов характеризуются относительно средним уровнем напряженности регуляторных механизмов при высокой степени регулирующих влияний на физиологические системы организма. Это указывает на достаточно высокий уровень развития функциональной оптимизации, в определенной мере обусловливающий рост возможностей организма в целом. У футболистов, напротив, отмечается относительно высокий уровень напряженности механизмов регуляции при относительно низком уровне регулирующих влияний в целом на организм, что отражает высокий уровень функциональных возможностей физиологических систем в отдельности.

Глава 4
УРОВЕНЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ И С РАЗЛИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ МОТОРИКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Одним из ключевых моментов развития адаптированности является повышение возможностей к «функциональной мобилизации», развитие способности организма удерживать высокий уровень интенсификации функций организма в процессе выполнения специфической мышечной нагрузки спортивного характера (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990; Гулбиани Т.И., 1991; Солодков А.С., 1995; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003).

Функциональная мобилизация понимается как способность к предельному изменению в функциях физиологических систем при выполнении максимальной мощности физической нагрузки (Мищенко В.С., 1990; Корженевский А.Н. и др., 1993; Солопов И.Н. и др., 2010).

Функциональная мобилизация характеризуется, прежде всего, максимальной скоростью и максимальным объемом использования энергетических ресурсов и разворачивания функций, обеспечивающих двигательную деятельность. При этом тотальная реализация функционального потенциала организма в специальном спортивном упражнении обеспечивается за счет высокой координации в деятельности вегетативных функций и нервно-мышечного аппарата (Корженевский А.Н. и др., 1993).

Отмечается, что мобилизация функциональных возможностей организма при критических степенях напряжения функционирования организма, характерных для специфической двигательной деятельности в спорте, реализуется на всех уровнях организации приспособительной активности и подвержена влиянию целого ряда факторов (Кучкин С.Н., 1986; Волков В.М., 1990; Горбанева Е.П., 2008, 2012). Наиболее важными, оказывающими суще-

ственное, а иногда и решающее влияние, являются такие, как уровень подготовленности спортсменов вообще и степень адаптированности к конкретным особенностям паттерна моторики и условиям выполнения специфической двигательной деятельности в спорте, в частности.

В этой связи именно этим аспектам проявления функциональной мобилизации следует уделять наибольшее внимание.

4.1. Квалификационные особенности функциональной мобилизации у спортсменов в процессе выполнения физической нагрузки максимальной мощности

Проявление и выраженность реакций организма в ответ на физическую нагрузку в большой степени зависит от уровня тренированности организма человека (Лысенко Е. Н., 2006). При этом различный уровень спортивной квалификации (тренированности) характеризуется своеобразной факторной структурой показателей, отражающей мобилизацию функциональных резервов организма при мышечной деятельности (Давыденко Д.Н., 1988; Мищенко В.С., 1990; Волков В.М., Ромашов А.В., 1991; Кучкин, С.Н., 1999; Солопов И.Н. и др., 2010).

В этой связи изучение особенностей и закономерностей функциональной мобилизации у спортсменов на разных этапах многолетней спортивной тренировки является крайне важной задачей, решение которой позволит получить сведения, которые могут быть использованы при определении направлений и путей повышения мобилизационных способностей спортсменов, определении средств, методов и режимов тренирующих воздействий.

Основной задачей данного раздела исследований явилось изучение уровня и динамики параметров функциональной мобилизации у спортсменов разной степени адаптированности к физическим нагрузкам.

Функциональная мобилизация оценивалась по показателям частоты сердечных сокращений при максимальной нагрузке (HR_{max}), величинам максимального потребления кислорода (VO_{2max}), легочной вентиляции (VE_{max}), частоты дыхания (fb_{max}) и дыхательного объема ($Vт_{max}$). Кроме того, оценивались показатели увеличения частоты сердечных сокращений ($HR_{max}/HR_{покоя}$), легочной вентиляции ($VE_{max}/VE_{покоя}$), частоты дыхания ($fb_{max}/fb_{покоя}$), дыхательного объема ($V_{T\ max}/V_{T\ покоя}$) и потребления кислорода ($VO_{2max}/VO_{2покоя}$) при W_{max} относительно уровня покоя.

Сравнительный анализ показателей мобилизации в период выполнения работы максимальной мощности у спортсменов различной квалификации показывает на столь однозначную картину, как в период врабатывания (табл. 4.1).

Показатели, интегративно отражающие максимальные мобилизационные возможности организма (W_{max}, VO_{2max}), закономерно увеличиваются с ростом подготовленности спортсменов. При этом показатели максимальной мощности выполняемой работы в большем количестве случаев различаются достоверно ($P<0,05$). Это следует считать весьма позитивным моментом и вполне объяснимо, так как многолетний процесс тренировки, если он рационально организован, направлен, в том числе, на повышение тотальной работоспособности.

Ряд показателей функциональной мобилизации ($Vт_{max}$, $V_{E\ max}$ / $V_{Eпокоя}$) существенно не различаются у представителей разных квалификационных групп. Большинство других показателей, в основном частотных и производных от них (HR_{max}, fb_{max} и др.), проявляет вполне определенную тенденцию к их снижению с ростом квалификации спортсменов.

Это обстоятельство можно объяснить развивающимся процессом «перекрестной компенсации» таких свойств как функциональная мобилизация и функциональная экономизация. «Перекрестная компенсация» свойств заключается в том, что функциональная мобилизация, имея весьма большое значе-

ние в определении физической работоспособности на начальных этапах адаптации, достигая максимальных значений на промежуточных этапах, несколько утрачивает свое значение на заключительных этапах адаптации, тогда как показатели функциональной экономизации с ростом квалификации спортсменов однозначно повышают своё значение (Кучкин С. Н., 1986; Медведев Д. В., 2007; Солопов И. Н. и др., 2010).

Таблица 4.1

Средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в процессе выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности (X ± m)

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III разряд (12-14 лет) (n=18)	II разряд (15-16 лет) (n=18)	I разряд-КМС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HR_{max}, уд/мин	194,6±2,0	183,2±1,4	187,3±2,1	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VO_{2max}, мл/мин	2596,7±79,3	2706,5±64,0	3015,8±208,0	P>0,05	P>0,05	P>0,05
VE_{max}, л/мин	84,7±3,3	67,1±2,8	68,0±5,0	P<0,05	P<0,05	P>0,05
fb_{max}, цикл/мин	55,4±2,7	41,9±1,6	39,9±1,8	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VT_{max}, мл	1586,3±87,6	1614,2±58,7	1705,6±90,9	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$HR_{max}/HR_{покоя}$, %	230,4±5,9	236,9±8,2	179,5±20,5	P>0,05	P<0,05	P<0,05
$VE_{max}/VE_{покоя}$, %	1064,9±44,6	981,5±70,9	981,4±94,5	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$fb_{max}/fb_{покоя}$, %	326,8±20,9	285,1±18,7	302,9±15,7	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$V_{T\,max}/V_{T\,покоя}$, %	351,8±28,3	350,7±20,5	329,4±26,6	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VO_{2max}/VO_{2покоя}$, %	991,3±33,8	1149,2±43,7	1209,4±85,0	P<0,05	P<0,05	P>0,05

Таким образом, происходит «замещение», «перекрестная компенсация», функциональных свойств и факторов, их определяющих, в значимости для обеспечения физической работоспособности.

В этом плане снижение частотных функциональных показателей следует рассматривать именно как проявление экономизации функций, имея в

виду, что при этом объемные показатели увеличиваются или остаются на неизменном уровне (Солопов И. Н. и др., 2007).

В качестве примера рассмотрим динамику соотношения объемно-временных параметров внешнего дыхания. Можно видеть, что частота дыхания при выполнении мышечной работы максимальной мощности с ростом квалификации спортсменов закономерно уменьшается. При этом различия между этими параметрами в группе спортсменов низкой квалификации и в группе перворазрядников и, особенно, в группе кандидатов в мастера и мастеров спорта, статистически достоверны (табл. 4.1). Одновременно с ростом спортивной квалификации значения дыхательного объема столь же закономерно увеличиваются.

Таким образом, складывается ситуация, когда уровень мобилизации частоты дыхания с ростом квалификации спортсменов снижается, а величины дыхательного объема – увеличивается, что отражает развитие процесса экономичности внешнего дыхания.

Сравнительный анализ относительных показателей, отражающих степень функциональной мобилизации физиологических систем организма на физическую нагрузку стандартной мощности, позволил наблюдать неоднозначную направленность их изменений от одной возрастно-квалификацинной группы спортсменов к другой.

Так, показатели увеличения легочной вентиляции и частоты дыхания при максимальной работе относительно уровня покоя был наибольшим у спортсменов III спортивного разряда 12-14 лет, тогда как у спортсменов более высокой квалификации они были относительно ниже и практически не различались между собой. Показатель увеличения дыхательного объема при работе относительно уровня покоя во всех группах был практически одинаков. Это подтверждает наш предварительный вывод о развитии процессов экономизации, сделанный на основе сравнения абсолютных величин параметров паттерна дыхания.

В то же время показатель увеличения валового потребления кислорода при максимальной физической нагрузке в группах спортсменов более высокой квалификации (II разряд, 15-16 лет и I разряд – КМС, 17-20 лет) был достоверно больше, чем в группе спортсменов более низкой подготовленности ($P<0,05$).

4.2. Специфические особенности функциональной мобилизации у спортсменов в процессе выполнения кратковременной физической нагрузки максимальной мощности

Высокий уровень функциональной подготовленности спортсменов является результатом эффективного процесса адаптации к физическим нагрузкам (Солодков А.С., 2000; Солопов И.Н., Шамардин А.И., 2003; Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010). Одним из важнейших моментов повышения уровня адаптированности и, как следствие, высокого уровня физической работоспособности спортсменов является совершенствование способности к мобилизации функциональных ресурсов организма. Это проявляется в том, что разность между максимально возможным уровнем активности органов и систем организма спортсмена и уровнем их активности в состоянии покоя увеличивается.

По мере роста квалификации спортсмена при систематическом повторении одних и тех же раздражителей происходит оптимизация процессов адаптации, приспособительные реакции становятся все более специфическими, как по величине, так и по виду.

Исходя из выше изложенного, изучение специфических особенностей функциональной мобилизации у спортсменов, имеющих устойчивую адаптированность к специфическим физическим нагрузкам, выступает важной задачей, решение которой позволит получить сведения, которые могут быть использованы при построении адекватного контроля функционального состоя-

ния организма, определении направлений и путей повышения мобилизационных способностей спортсменов, определении средств, методов и режимов тренирующих воздействий.

В связи с выше изложенным, основной задачей данного этапа исследований явилось выяснение уровня мобилизационных способностей у спортсменов различных специализаций.

Для достижения поставленной цели были осуществлены комплексные спироэргометрические исследования с участием спортсменов различных специализаций (плавание, бег, футбол), одинакового возраста и уровня функциональной подготовленности.

В таблице 4.2 представлены средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов различной специализации.

Можно видеть, что подавляющее большинство рассматриваемых показателей существенно различаются у спортсменов изучаемых групп.

Сравнение абсолютных показателей, отражающих предел мобилизационных возможностей вегетативных функций, показал следующее. Показатели минутного потребления кислорода при максимальной мощности физической нагрузки статистически значимо ($P<0,05$) различались во всех группах спортсменов. При этом наибольшая величина была зафиксирована в группе пловцов (в среднем 3529,4±157,3 мл/мин), а наименьшая в группе футболистов (в среднем 2763,7±93,6 мл/мин).

Величины частоты сердечных сокращений (HR) при максимальной нагрузке также различались в группах спортсменов различной специализации. Наибольшие значения HR_{max} были также зафиксированы у пловцов (в среднем 189,2±2,4 уд/мин), а наименьшие (в среднем 184,0±1,4 уд/мин) – в группе футболистов. Вместе с тем эти различия не имели статистически значимой достоверности. Еще один параметр, величина дыхательного объема, был достоверно выше у пловцов (в среднем 2340,3±109,1 мл) по сравнению как с бе-

гунами (в среднем 2140,0±76,9 мл), так и с футболистами (в среднем 1650,8±56,8 мл).

Таблица 4.2

Средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов разных специализаций в процессе выполнения кратковременной мышечной нагрузки максимальной мощности (X ± m)

Показатели	Спортивная специализация			Достоверность различий		
	Футбол (n=25)	Бег (n=17)	Плавание (n=18)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HR_{max}, уд/мин	184,0±1,4	188,5±3,4	189,2±2,4	P>0,05	P>0,05	P>0,05
VO_{2max}, мл/мин	2763,7±93,6	3047,1±75,7	3529,4±157,3	P<0,05	P<0,05	P<0,05
VE_{max}, л/мин	68,5±2,4	111,9±5,3	88,3±5,9	P<0,05	P<0,05	P<0,05
fb_{max}, цикл/мин	41,9±1,3	52,4±2,0	37,7±1,8	P<0,05	P>0,05	P<0,05
VT_{max}, мл	1650,8±56,8	2140,0±76,9	2340,3±109,1	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$HR_{max}/HR_{покоя}$, %	232,2±7,0	228,3±9,2	243,6±6,7	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VE_{max}/VE_{покоя}$, %	1016,6±65,2	1008,3±83,4	1259,4±99,1	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$fb_{max}/fb_{покоя}$, %	293,6±22,3	325,7±19,6	296,8±18,4	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$V_{T\,max}/V_{T\,покоя}$, %	365,4±20,9	320,5±31,3	438,7±35,8	P>0,05	P>0,05	P<0,05
$VO_{2max}/VO_{2покоя}$, %	1138,5±34,9	1011,0±52,8	1214,1±69,9	P>0,05	P>0,05	P<0,05

Что касается других абсолютных показателей, то минутный объем легочной вентиляции и частота дыхания были существенно больше у бегунов, по сравнению с представителями других специализаций.

Сравнительный анализ относительных показателей мобилизационных возможностей вегетативных систем организма спортсменов разных специализаций обнаружил в подавляющем большинстве преимущество опять же пловцов.

Показатели степени учащения сердечных сокращений, увеличения легочной вентиляции, дыхательного объема и минутного потребления кисло-

рода при максимальной нагрузке относительно уровня покоя были в среднем больше именно у пловцов. Исключение составил только показатель степени учащения дыхательных движений, который был больше у бегунов, а у пловцов и футболистов практически не различался.

4.3. Уровень напряженности регуляторных механизмов у спортсменов при выполнении мышечной нагрузки максимальной мощности

Одним из важнейших компонентов функциональной подготовленности, обусловливающим успешность и эффективность специфической двигательной деятельности, является контур нейро-гуморальной регуляции функций (Фомин В. С., 1984; Горожанин В. С., 1984; Солопов И. Н., 2007). От эффективности, напряженности регуляторных механизмов, обеспечивающих управление вегетативными и локомоторной функциями, во многом будет зависеть и эффективность специфической двигательной деятельности в целом (Медведев Д. В., 2007; Горбанева Е. П., 2008, 2012; Солопов И. Н. и др., 2010).

В связи с выше изложенным, представляется весьма важным выяснение особенностей реализации механизмов регуляторного компонента функциональной подготовленности, напряженности деятельности нейро-гуморального контура регуляции в целом у спортсменов разной степени подготовленности и имеющих устойчивую адаптацию к физическим упражнениям с различным паттерном локомоций.

Для оценки степени напряженности регуляторных механизмов, весьма важной характеристики регуляторного компонента функциональных возможностей спортсменов (Фомин В. С., 1984), был проведен анализ тесноты межпараметрических взаимосвязей. Это позволяет охарактеризовать физиологическую «стоимость» адаптации и достигнутого уровня функциональной

подготовленности с качественной стороны (Гедымин М. Ю. и др., 1988; Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н. и др., 2010).

Исходя из выше изложенного, нами был произведен сравнительный анализ тесноты межпараметрических связей изучаемых параметров функциональной реактивности и рассчитаны значения показателей «мощности корреляции» в трех обследуемых возрастно-квалификационных группах спортсменов.

На рисунке 4.1 представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров функциональной подготовленности спортсменов разного возраста и квалификации.

Из представленных данных можно видеть (рис. 4.1, А), что у юных спортсменов 12-14 лет (III разряд) количество статистически значимых корреляционных связей между изучаемыми показателями было относительно невелико (12). Показатель «мощности корреляции» в этой группе обследуемых спортсменов также имел относительно не большую величину –3,72 у.е.

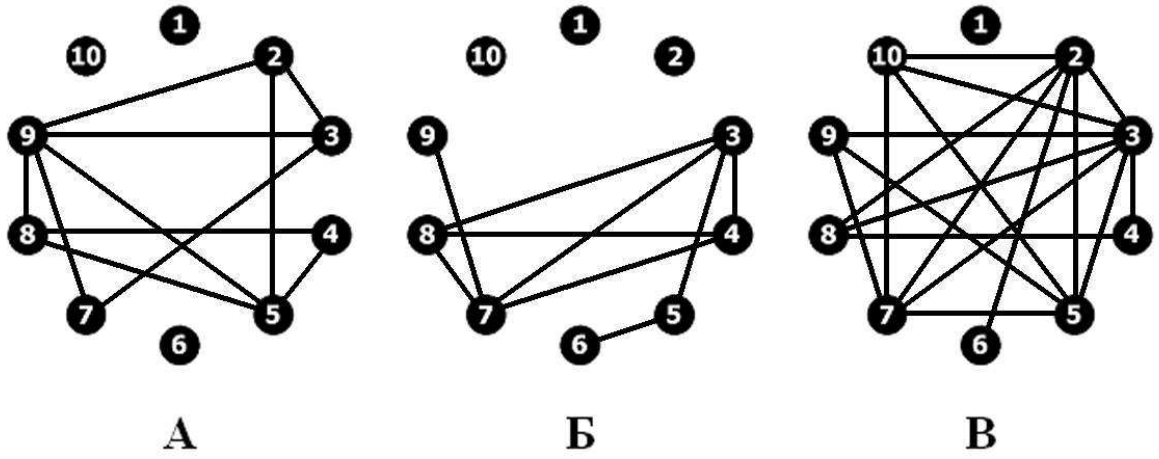

Рис. 4.1. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разного возраста и квалификации (только достоверные взаимосвязи).
А – 12-14 лет (III разряд), Б – 15-16 лет (II разряд), В – 17-20 лет (I разряд-КМС).
(1 - HR_{max}; 2 - VO_{2max}; 3 - VE_{max}; 4 - fb_{max}; 5 - $V_{т\ max}$; 6 - $HR_{max}/HR_{покоя}$; 7 - $VE_{max}/VE_{покоя}$; 8 - fb_{max} / $fb_{покоя}$; 9 - $V_{т max}/V_{т покоя}$; 10 - VO_{2max} / $VO_{2покоя}$).

При этом в наибольшей степени на общую напряженность регуляторных механизмов из всей совокупности изучаемых показателей оказывают всего два параметра, которые имели наибольшее количество статистически значимых взаимосвязей (не менее четырех) с другими показателями функциональной подготовленности спортсменов и являлись своеобразными узловыми точками напряженности (VT_{max} и $VT_{max}/VT_{покоя}$).

Такая ситуация свидетельствует о том, что на начальном этапе многолетней тренировки у спортсменов футболистов напряженность регуляторных механизмов относительно невелика. Вместе с тем, относительно большая величина показателя «мощности корреляции» указывает на довольно тесные межпараметрические связи в рамках небольшого их количества и свидетельствует о повышении интенсивности регулирующих влияний на физиологические системы и о развитии процесса функциональной оптимизации (Исаев А.П. и др., 1997; Медведев Д.В., 2007; Солопов И.Н. и др., 2010; Горбанева Е.П., 2012).

Во второй группе спортсменов (15-16 лет, II разряд) наблюдается небольшое снижение количества статистически значимых взаимосвязей между изучаемыми параметрами до 9 (рис. 4.1, Б) при несколько снизившейся величине показателя «мощности корреляции» до 3,48 у.е.

В этой группе узловыми параметрами, обусловливающими в наибольшей мере напряженность регуляторных механизмов, оказываются несколько иные показатели, чем в группе спортсменов 12-14 лет. К ним относятся показатели легочной вентиляции при максимальной нагрузке (VE_{max}) и показатель увеличения легочной вентиляции при максимальной нагрузке относительно уровня вентиляции в покое ($VE_{max}/VE_{покоя}$).

Рассмотрение тесноты и количества межпараметрических связей у спортсменов 17-20 лет, имеющих высокий квалификационный статус (КМС), позволяет отметить резкое увеличение количества статистически значимых межпараметрических связей до 18 (рис. 4.1, В).

У спортсменов 17-20 лет количество узловых параметров, обусловливающих напряженность регуляторных механизмов, существенно возрастает до 5 и включает в себя показатели максимального потребления кислорода (VO_{2max}), уровня легочной вентиляции при максимальной нагрузке (VE_{max}), величины дыхательного объема при максимальной нагрузке (VT_{max}), увеличения легочной вентиляции при максимальной нагрузке относительно уровня вентиляции в покое ($VE_{max}/VE_{покоя}$) и увеличения уровня потребления кислорода при максимальной нагрузке относительно его уровня в условиях покоя (VO_{2max} / $VO_{2покоя}$).

Одновременно наблюдается и значительный рост величины показателя «мощности корреляции» до 4,29 у.е.

Эти обстоятельства свидетельствуют о том, что с ростом специальной физической и функциональной подготовленности у спортсменов в значительной мере возрастает напряженность регуляторных механизмов при одновременном повышении уровня регулирующих влияний на физиологические системы, а значит, и некотором росте оптимальности их функционирования.

Полученные результаты дают основание для вывода о сохранении высокой степени напряженности регуляторных механизмов при одновременном существенном росте уровня регулирующих влияний на физиологические системы организма. За счет этого достигается наивысший, из всех трех наблюдаемых возрастно-квалификационных групп спортсменов, уровень функциональной оптимизации регуляторных механизмов, который характерен для спортсменов высокой квалификации (Медведев Д. В., 2007; Воскресенский С. А., 2011; Горбанева Е. П., 2012 и др.).

Далее выяснялись особенности реализации механизмов регуляторного компонента функциональной подготовленности, напряженности деятельности нейро-гуморального контура регуляции в целом у спортсменов с различным привычным паттерном локомоций в процессе выполнения физической нагрузки максимальной мощности.

На рис. 4.2 представлены статистически значимые взаимосвязи изучаемого спектра показателей у спортсменов различных специализаций, имеющих высокий уровень подготовленности и, следовательно, сформированный уровень специфической адаптированности к специфической спортивной деятельности.

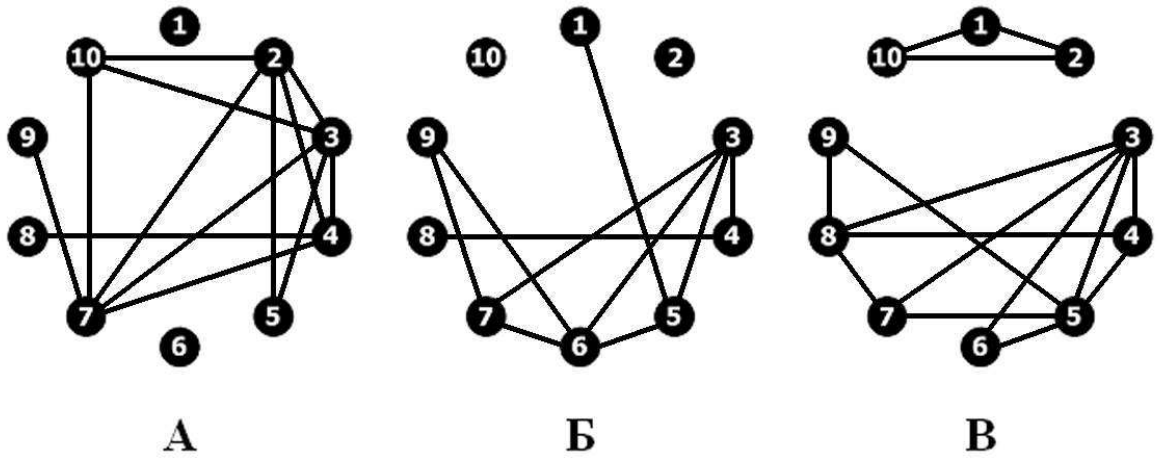

Рис. 4.2. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разной специализации (только достоверные взаимосвязи).
А – плавание, Б – бег, В – футбол.
(1 - HR_{max}; 2 - VO_{2max}; 3 - VE_{max}; 4 - fb_{max}; 5 - $V_{т\ max}$; 6 - $HR_{max}/HR_{покоя}$; 7 - $VE_{max}/VE_{покоя}$; 8 - fb_{max} / $fb_{покоя}$; 9 - $V_{тmax}/V_{тпокоя}$; 10 - VO_{2max} / $VO_{2покоя}$).

Из представленных данных можно видеть, что количество и теснота межпараметрических взаимосвязей у спортсменов разных видов спорта в определенной мере различаются. Наименьшее количество статистически значимых корреляционных связей (10), по сравнению с представителями других видов спорта, обнаружилось у спортсменов бегунов (рис. 4.2 Б), что свидетельствует об относительно низкой степени напряженности регуляторных механизмов, обеспечивающих их специфическую двигательную деятельность.

Степень напряженности регуляций у представителей плавания и футбола была существенно большей, на что указывает более высокая плотность межпараметрических корреляционных взаимосвязей, соответственно 13 и 15 (рис. 4.2 А и 4.2 Г).

Сравнение величин показателя «мощности корреляции» показало определенное различие у спортсменов разных специализаций и по величине этого параметра. У пловцов этот показатель составил 3,96 у.е., у бегунов – 3,64 у.е. и у футболистов 3,55 у.е.

Сравнение структуры межпараметрических взаимосвязей у спортсменов различных специализаций обнаруживает специфическое представительство узловых параметров, в наибольшей мере оказывающих влияние на общий уровень напряженности регуляторных механизмов.

У пловцов таких узловых параметров (имеющих четыре и более статистических взаимосвязей) оказалось больше всех – 4: максимальное потребление кислорода (VO_{2max}), уровень легочной вентиляции (VE_{max}) и частота дыхания (fb_{max}) при максимальной нагрузке и степень увеличения легочной вентиляции при работе относительно ее уровня в условиях покоя ($VE_{max}/VE_{покоя}$).

У представителей футбола количество узловых параметров обнаруживается в несколько меньшем количестве (3), чем у пловцов. Узловыми параметрами у них выступают показатели: уровень легочной вентиляции (VE_{max}), величина дыхательного объема (VT_{max}) при максимальной нагрузке, а также степень учащения дыхания при нагрузке относительно ее уровня в покое (fb_{max} / $fb_{покоя}$).

Наименьшее количество узловых параметров отмечается у бегунов (2). При этом в качестве узловых параметров у них обозначились показатель легочной вентиляции при максимальной нагрузке (VE_{max}) и степень увеличения частоты сердечных сокращений при нагрузке относительно уровня покоя ($HR_{max}/HR_{покоя}$).

Глава 5
ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ И МОБИЛИЗАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ И ПОДГОТОВЛЕННОСТИ В ПЕРИОДЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Важнейшим моментом развития адаптированности организма к физическим нагрузкам является повышение мобилизационных возможностей или «функциональной мобилизации», выражающееся, в том числе, и в ускорении и повышении эффективности течения восстановительных процессов (Кучкин С. Н., 1986; Волков В. М., 1990; Солодков А. С., 1995).

Неоднократно отмечалось, что эффективность восстановительных процессов является столь же важным составным компонентом тренированности, как и способность эффективно и результативно выполнять физическую нагрузку (Солодков А. С., 1981; Шамардин А. И., 2000; Талышев Ф. М., 2003; Комаров А. П., 2012 и др.). Именно в процессе восстановления происходят структурные изменения, лежащие в основе формирования более высокого уровня адаптированности (Солодков А. С., 1981; Солопов, 2001 и др.). Большая скорость протекания восстановительных процессов обеспечивает готовность организма к повторному выполнению физической нагрузки, что лежит в основе интенсификации тренировки в спорте (Комаров А.П., 2003; Ким М.Г., 2005; Вовк С.И., 2008; Барабанкина Е.Ю., 2013). В этом плане мощность, скорость и эффективность восстановления рассматриваются как одни из важнейших характеристик мобилизационных возможностей организма (Горбанева Е.П., 2008; Солопов И.Н. и др., 2010).

В связи с выше изложенным, основной задачей данного этапа исследований явилось выяснение уровня мобилизационных способностей у спортсменов разной подготовленности и различных специализаций в период восстановления.

Для достижения поставленной цели были осуществлены комплексные спироэргометрические исследования с участием в первом случае спортсменов футболистов различного возраста и соответственного уровня спортивной квалификации, а во втором – спортсменов разных специализаций (бег, плавание, футбол), одинакового возраста и практически одного уровня функциональной подготовленности.

Регистрация и оценка параметров функциональной реактивности и мобилизации восстановления осуществлялись в объеме, описанном в главе 3.

Функциональная реактивность и функциональная мобилизация в процессе восстановления (скорость и эффективность течения восстановительных процессов) оценивались по показателям снижения частоты сердечных сокращений ($HRB_1/HR_{покоя}$ и $HRB_5/HR_{покоя}$), легочной вентиляции ($VEB_1/VE_{покоя}$ и $VEB_5/VE_{покоя}$), частоты дыхания ($fbB_1/fb_{покоя}$ и $fbB_5/fb_{покоя}$), дыхательного объема ($VTB_1/VT_{покоя}$ и $VTB_5/VT_{покоя}$) и потребления кислорода ($VO_2B_1/VO_{2покоя}$ и $VO_2B_5/VO_{2покоя}$) к 1-ой и 5-ой минутам восстановления относительно уровня покоя в %.

5.1. Показатели функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов различной квалификации в период восстановления после мышечной нагрузки

При анализе отдельных показателей функциональной реактивности и мобилизации, регистрируемых в процессе восстановления, мы исходили из того, что в период срочного восстановления (1 мин.) положительным следует считать максимальное усиление функций и понимать это как процесс максимального рекрутирования физиологических механизмов, призванных, прежде всего, восполнить энерготраты и обеспечить возвращение параметров гомеостаза к исходному уровню.

В период оставленного восстановления (в нашем случае 5 мин.) позитивным обстоятельством следует считать минимизацию сдвигов в функциональных системах, что отражает скорость возможно полного восстановления метаболизма и функций к исходному уровню.

При этом в обоих случаях в качестве основного параметра, по которому оценивалась степень восстановления, мы рассматривали основной показатель метаболизма – величину минутного валового потребления кислорода, который является одним из интегративных показателей функциональных возможностей организма. Изменения всех остальных вегетативных параметров обеспечивают восстановление именно этого параметра.

Исходя из выше обозначенного посыла, можно видеть, что в период срочного восстановления наилучшую функциональную реактивность по параметру потребления кислорода в абсолютном выражении имеют спортсмены более высокой квалификации (I разряд и КМС), см. табл. 5.1.

У спортсменов двух других возрастно-квалификационных групп, с низкой спортивной подготовленностью, абсолютные величины минутного потребления кислорода были существенно меньше, чем у более квалифицированных атлетов.

При этом у них меньшие значения потребления кислорода обеспечивались более высоким уровнем роста легочной вентиляции при разнонаправленном изменении величин частоты дыхания и дыхательного объема, но в основном при более значительном учащении дыхательных циклов.

Такая разнонаправленность изменения этих параметров, вероятно, обусловливается поиском оптимального соотношения объемно-временных параметров вегетативных функций.

Сравнение функциональной реактивности восстановления относительного показателя потребления кислорода показало, что у спортсменов более высокого уровня подготовленности она также была более высокой, чем у менее квалифицированных спортсменов.

Динамика других изучаемых параметров в относительном выражении в основном повторяла динамику этих параметров в абсолютных величинах.

Таблица 5.1

Средние величины показателей функциональной реактивности у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в фазе срочного восстановления после мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III разряд (12-13 лет) (n=18)	II разряд (15-16 лет) (n=18)	I разряд-КМС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HRB_1, цикл/мин	138,2±2,9	140,8±3,7	148,7±6,2	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VE\ B_1$, л/мин	47,6±2,3	37,1±1,9	40,8±4,5	P<0,05	P>0,05	P>0,05
$fb\ B_1$, цикл/мин	33,9±1,9	27,2±1,0	28,7±1,5	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$VT\ B_1$, мл	1473,2±104,4	1373,4±58,0	1417,1±116,2	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VO_2\ B_1$, мл/мин	1158,3±65,7	1077,6±91,5	1509,6±246,4	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$HRB_1/HR_{покоя}$, %	163,2±4,7	181,4±6,7	142,2±17,1	P<0,05	P>0,05	P<0,05
$VEB_1/VE_{покоя}$, %	598,9±30,7	544,7±42,3	589,5±76,4	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$fb\ B_1/\ fb_{покоя}$, %	198,7±12,0	182,8±8,4	217,0±11,8	P>0,05	P>0,05	P<0,05
$V_T\ B_1/\ V_{T\ покоя}$, %	325,5±27,2	300,0±19,5	271,3±25,9	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VO_2B_1/VO_{2покоя}$, %	450,7±33,4	454,8±39,6	594,6±92,5	P>0,05	P>0,05	P>0,05

В таблице 5.2. представлены средние величины показателей функциональной мобилизации, зарегистрированные на пятой минуте восстановления у спортсменов различной квалификации в абсолютном и в относительном выражении.

Сравнительный анализ абсолютных величин показателей функциональной мобилизации восстановительных процессов у спортсменов разного уровня подготовленности вполне четко показал более высокие их значения у

спортсменов II спортивного разряда, находящихся на условном промежуточном этапе многолетней адаптации к физическим нагрузкам.

Таблица 5.2

Средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов разного возраста и различной подготовленности в фазе отставленного восстановления после мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная квалификация			Достоверность различий		
	III разряд (12-13 лет) (n=18)	II разряд (15-16 лет) (n=18)	I разряд-КМС (17-20 лет) (n=16)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HRB_5, цикл/мин	109,2±2,03	104,7±2,5	110,7±3,3	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VE\ B_5$, л/мин	18,1±1,2	10,2±0,5	12,0±1,3	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$fb\ B_5$, цикл/мин	24,3±1,4	21,1±0,8	20,8±0,8	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$VT\ B_5$, мл	787,8±70,1	493,3±31,9	584,9±60,4	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$VO_2\ B_5$, мл/мин	417,8±24,4	255,3±19,3	390,9±53,8	P<0,05	P>0,05	P<0,05
$HRB_5/HR_{покоя}$, %	128,9±3,3	135,1±5,0	107,5±13,0	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$VEB_5/VE_{покоя}$, %	225,8±14,2	148,1±10,8	171,3±18,2	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$fb\ B_5/\ fb_{покоя}$, %	141,6±8,2	141,0±5,7	157,3±6,5	P>0,05	P>0,05	P>0,05
$V_T\ B_5/\ V_{T\ покоя}$, %	173,3±17,5	107,2±8,5	112,5±12,9	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$VO_2B_5/VO_{2покоя}$, %	163,5±12,1	106,5±7,7	150,2±15,9	P<0,05	P>0,05	P<0,05

Точно такая же картина наблюдается и в динамике относительных величин параметров функциональной мобилизации восстановления. Подавляющее большинство изучаемых параметров к пятой минуте восстановления имели наилучшие значения возвращения (наименьший процент превышения относительно уровня покоя) этих параметров к исходному уровню у спортсменов II спортивного разряда.

Параметры функциональной мобилизации восстановления у группы спортсменов I разряда и кандидатов в мастера спорта были несколько хуже,

но также достаточно высоки. В то же время у спортсменов самой низкой квалификации (III спортивного разряда) параметры функциональной мобилизации восстановления находились на самом низком уровне. У них отмечалась самая меньшая скорость возвращения изучаемых параметров к исходному уровню к пятой минуте восстановления.

5.2. Показатели функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов различной двигательной специализации в период восстановления после мышечной нагрузки

Мобилизационные возможности в период восстановления у спортсменов разных специализаций оценивались по тем же параметрам, что и у спортсменов различной квалификации.

В таблице 5.3 представлены средние величины показателей функциональной реактивности у спортсменов разных специализаций в фазе срочного восстановления после мышечной нагрузки.

Сравнение абсолютных величин показателей HR, VE, fb, Vт и VO_2 на 1-ой минуте восстановления у спортсменов различной специализации показывает, что они зависят, прежде всего, от уровня этих параметров при предшествующей работе.

Наименьшие значения частоты сердечных сокращений на 1-ой минуте восстановления оказались у футболистов, у которых величина этого показателя при работе была самой низкой. У бегунов и пловцов величины показателя частоты сердечных сокращений при работе были наибольшими, вследствие чего и ее значения на первой минуте восстановления были существенно ($P<0,05$) больше, чем у футболистов.

При этом весьма существенно различались и величины минутного потребления кислорода у спортсменов разных специализаций. К первой минуте восстановления показатель потребления кислорода был наибольшим у плов-

цов. Его величины статистически достоверно (P<0,05) превышали таковые, зарегистрированные как у бегунов, так и, особенно, у футболистов.

Таблица 5.3

Средние величины показателей функциональной реактивности у спортсменов разных специализаций в фазе срочного восстановления после мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная специализация			Достоверность различий		
	Футбол (n=25)	Бег (n=17)	Плавание (n=18)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HRB_1, цикл/мин	143,1±3,1	161,6±5,2	154,2±4,0	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VE B_1, л/мин	39,2±1,8	60,9±2,7	61,5±3,3	P<0,05	P<0,05	P>0,05
fb B_1, цикл/мин	28,2±0,9	31,9±1,3	27,3±1,1	P<0,05	P>0,05	P<0,05
VT B_1, мл	1406,5±61,2	1947,2±93,6	2281,7±115,6	P<0,05	P>0,05	P<0,05
VO_2 B_1, мл/мин	1202,9±120,0	1573,5±104,8	2066,1±88,4	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$HRB_1/HR_{покоя}$, %	180,2±6,1	195,3±8,8	197,8±5,4	P>0,05	P<0,05	P>0,05
$VEB_1/VE_{покоя}$, %	585,6±43,7	546,4±40,6	877,3±61,4	P>0,05	P<0,05	P<0,05
fb B_1/ $fb_{покоя}$, %	194,9±12,1	197,1±11,0	213,8±10,3	P>0,05	P>0,05	P>0,05
V_T B_1/ $V_{T\ покоя}$, %	310,8±19,2	286,0±23,5	434,4±43,3	P>0,05	P<0,05	P<0,05
$VO_2B_1/VO_{2покоя}$, %	489,3±42,2	511,5±33,8	711,0±41,8	P>0,05	P<0,05	P<0,05

У пловцов это сопровождалось существенно большими величинами показателей легочной вентиляции и дыхательного объема. Столь же высокими оказались значения этих параметров и у бегунов.

Данное обстоятельство свидетельствует о том, что у представителей циклических видов спорта функциональная реактивность основных параметров вегетативных систем и интегративного показателя функциональных возможностей организма находится на более высоком уровне.

Сравнительный анализ относительных показателей скорости восстановления на первой минуте реституции (функциональной реактивности) изучаемых параметров вегетативных систем полностью подтвердил сделанный вывод о более высоких реактивных возможностях у спортсменов циклических видов спорта и, особенно, у пловцов. Все без исключения показатели скорости восстановления были больше именно у пловцов, и по большинству параметров эти различия являлись статистически значимыми.

Сравнение скорости восстановления изучаемых параметров к 5-ой минуте восстановительного периода обнаруживает весьма четкое различие в зависимости от спортивной специализации (табл. 5.4). Скорость восстановления всех абсолютных показателей (HR, VE, fb, Vт и VO_2) оказалась наибольшей у футболистов. Несколько медленнее (P > 0,05) восстановление этих параметров происходило к исходному уровню у пловцов.

Таблица 5.4

Средние величины показателей функциональной мобилизации у спортсменов разных специализаций в фазе отставленного восстановления после мышечной нагрузки (X ± m)

Показатели	Спортивная специализация			Достоверность различий		
	Футбол (n=25)	Бег (n=17)	Плавание (n=18)	I-II	I-III	II-III
	I	II	III			
HRB_5, цикл/мин	108,0±2,2	134,2±3,8	112,9±4,2	P<0,05	P>0,05	P<0,05
VE B_5, л/мин	11,3±0,7	31,2±1,6	16,6±1,5	P<0,05	P<0,05	P<0,05
fb B_5, цикл/мин	21,6±0,7	25,8±1,3	16,4±0,8	P<0,05	P<0,05	P<0,05
VT B_5, мл	532,8±34,2	1235,4±61,3	1059,2±105,6	P<0,05	P<0,05	P>0,05
VO_2 B_5, мл/мин	299,0±26,1	872,9±68,6	547,4±46,4	P<0,05	P<0,05	P<0,05
$HRB_5/HR_{покоя}$, %	136,1±4,6	161,0±4,6	144,2±4,6	P<0,05	P>0,05	P<0,05
$VEB_5/VE_{покоя}$, %	167,6±12,9	277,8±20,4	235,2±22,3	P<0,05	P<0,05	P>0,05
fb B_5/ $fb_{покоя}$, %	148,7±9,4	158,7±9,2	128,4±6,8	P>0,05	P>0,05	P<0,05
V_T B_5/ $V_{T\ покоя}$, %	118,5±9,9	179,7±13,4	192,8±21,4	P<0,05	P<0,05	P>0,05
$VO_2B_5/VO_{2п}$, %	121,1±9,1	284,4±20,3	188,4±17,5	P<0,05	P<0,05	P<0,05

Медленнее всех изучаемые параметры возвращались к исходному уровню к 5-ой минуте восстановления у бегунов, при этом практически по всем позициям статистически достоверно по отношению, как к футболистам, так и к пловцам.

Динамика относительных показателей функциональной мобилизации восстановления полностью подтверждает выше обозначенные положения.

Таким образом, сравнительный анализ параметров функциональной мобилизации восстановления показывает, что они зависят как от величины этих параметров в период предшествующий работы, т.е. от величины показателей предельной мобилизационной способности, так и от спортивной специализации. Так, мобилизация срочного восстановления оказывается существенно выше у пловцов и у футболистов. Мобилизационные возможности в период отставленного восстановления достоверно выше у футболистов и пловцов, по сравнению со спортсменами бегунами.

5.3. Уровень напряженности регуляторных механизмов у спортсменов в период восстановления после мышечной нагрузки

Как нами отмечалось ранее, весьма важно выяснить не только уровни и динамику показателей функциональной реактивности и мобилизации, но и степень напряженности регуляторных механизмов, обеспечивающих рекрутирование мобилизационных возможностей у спортсменов различного уровня подготовленности и разной специализации. Это в полной мере касается и такой важной составной части тренировки, как восстановление. Весьма важно знать не только как оперативно и полноценно протекают восстановительные процессы, но и какова «функциональная цена» этих процессов, в какой мере велика степень напряженности регуляторных механизмов, обеспечивающих реституцию после физических нагрузок и каково влияние на эту на-

пряженность уровня адаптированности спортсменов и специфика тренируемых двигательных актов.

Как и на предыдущих этапах нашего исследовании, с целью оценки степени напряженности механизмов регуляции была использована методика построения интеркорреляционных взаимосвязей изучаемых параметров и расчет показателя «мощности корреляции» (Гедымин М.Ю. и др., 1988; Судаков К.В. и др., 1995; Исаев А.П. и др., 1997; Медведев Д.В., 2007; Солопов И.Н. и др., 2010).

На рисунке 5.1. представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров функциональной реактивности у спортсменов разной степени подготовленности в период срочного восстановления.

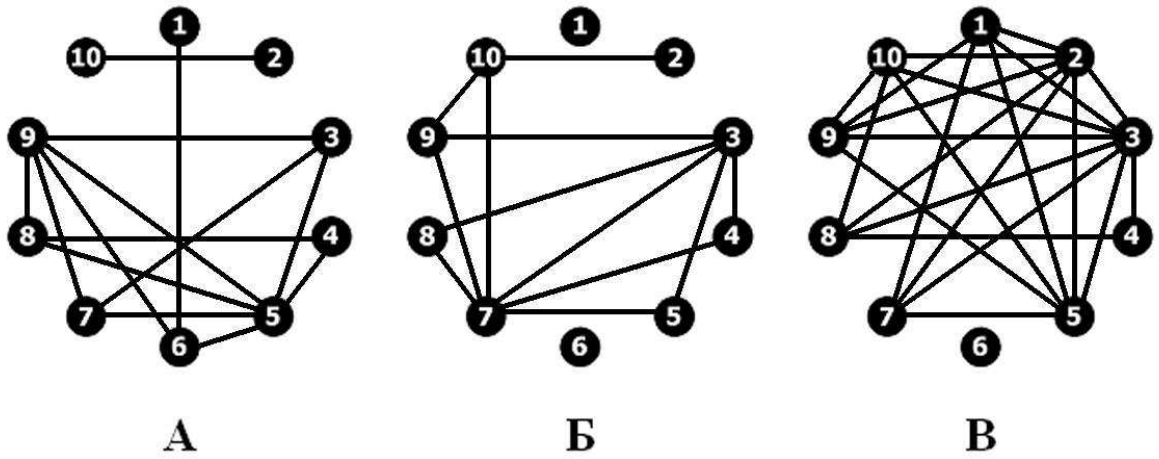

Рис. 5.1. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разного возраста и квалификации в фазе срочного восстановления после мышечной нагрузки (только достоверные взаимосвязи).
А – 12-14 лет (III разряд), Б – 15-16 лет (II разряд), В – 17-20 лет (I разряд-КМС). (1 - HR_{B1}; 2 - $VO_{2\,B1}$; 3 - VE_{B1}; 4 - fb_{B1}; 5 - $V_{T\,B1}$; 6 - $HR_{B1}/HR_{покоя}$; 7 - $VE_{B1}/VE_{покоя}$; 8 - fb_{B1} / $fb_{покоя}$; 9 - $V_{T\,B1}/V_{Tпокоя}$; 10 - $VO_{2\,B1}$ / $VO_{2покоя}$).

Из приведенного рисунка можно видеть, что у спортсменов III спортивного разряда (рис. 5.1. А) и спортсменов II спортивного разряда (рис. 5.1.

Б) теснота межпараметрических связей невелика, а величины показателей мощности корреляции соответственно составили 4,05 и 3,83 у.е.

При этом количество достоверных связей у спортсменов этих групп соответственно составило 14 и 12, при равном количестве узловых параметров – по 2.

Совершенно другая картина наблюдается у спортсменов более высокой квалификации (рис. 5.1. В). Срочное восстановление после нагрузки у спортсменов этой группы сопровождается весьма значительной напряженностью регуляторных механизмов, о чем свидетельствует большое количество достоверных межпараметрических связей (22) и значительное количество узловых параметров (8).

Далее нами был произведен аналогичный сравнительный анализ уровня напряженности регуляторных механизмов у спортсменов различной квалификации в фазе отставленного восстановления.

На рисунке 5.2 представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию у спортсменов разной подготовленности на пятой минуте восстановления.

Следует отметить, что картина в общем виде аналогична той, что наблюдалась и при срочном восстановлении. У спортсменов III и II спортивных разрядов (рис. 5.2. А и 5.2. Б) теснота межпараметрических связей была несколько меньшей (соответственно 16 и 13 достоверных связей, при 4, в обеих группах, узловых параметрах), по сравнению с таковой у спортсменов более высокой квалификации (18 достоверных связей при 6 узловых параметрах). Это подтверждается и величинами показателей мощности корреляции. У спортсменов III и II разрядов они составили соответственно 4.12 и 3,93 у.е., против 4.44 у.е. у спортсменов I разряда – КМС.

Далее нами была произведена оценка степени напряженности регуляторных механизмов в период срочного и отставленного восстановления у спортсменов, имеющих устойчивую адаптированность к двигательной дея-

тельности с различным паттерном моторики. Так же как и в предыдущем случае это осуществлялось на основе сравнительного анализа тесноты межпараметрических взаимосвязей и сравнения показателей «мощности корреляции».

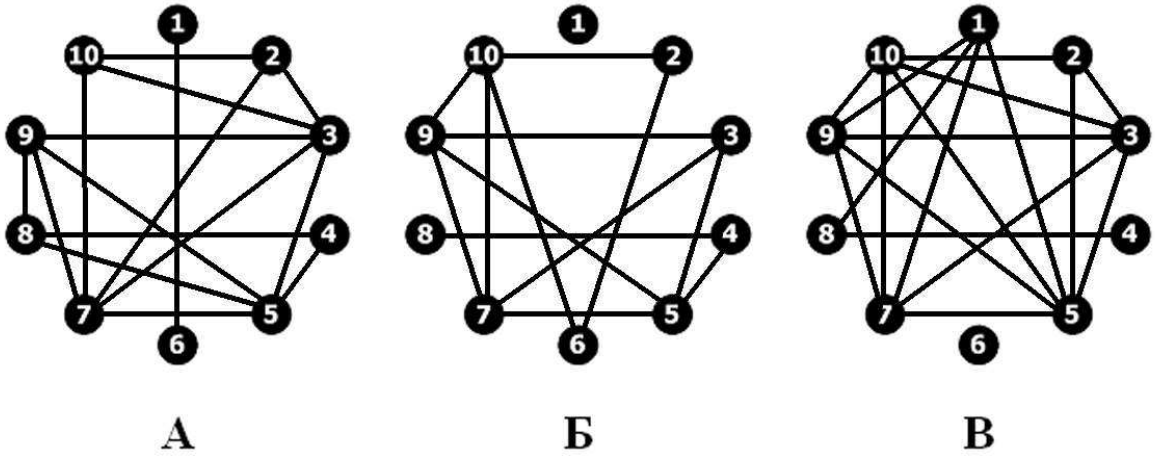

Рис. 5.2. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разного возраста и квалификации в фазе отставленного восстановления после мышечной нагрузки (только достоверные взаимосвязи).
А – 12-14 лет (III разряд), Б – 15-16 лет (II разряд), В – 17-20 лет (I разряд-КМС). (1 – HR_{B5}; 2 - $VO_{2\,B5}$; 3 - VE_{B5}; 4 - fb_{B5}; 5 - $V_{T\,B5}$;
6 - $HR_{B5}/HR_{покоя}$; 7 - $VE_{B5}/VE_{покоя}$; 8 - $fb_{B5}/fb_{покоя}$; 9 - $V_{T\,B5}/V_{T\,покоя}$;
10 - $VO_{2\,B5}$ / $VO_{2покоя}$).

На рисунке 5.3. представлены матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную реактивность в фазе срочного восстановления, а на рисунке 5.4. – в фазе отставленного восстановления, у спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта.

Из представленных рисунков можно видеть, что наибольшая теснота интеркорреляционных связей параметров функциональной реактивности в фазе срочного восстановления наблюдается у представителей плавания (рис. 5.3. А), что выражается в 16 достоверных корреляционных связях при 5 узловых параметрах и в показателе мощности корреляции, равном 4,19 у.е.

В то же время функциональная реактивность у представителей легкоатлетического бега и футбола характеризуется гораздо меньшей теснотой межпараметрических связей (10 и 9 достоверных связей, при 1, в каждой группе этих спортсменов, узловом параметре, соответственно) и меньшими величинами показателей мощности корреляции, равными 3,69 и 3,78 у.е. соответственно.

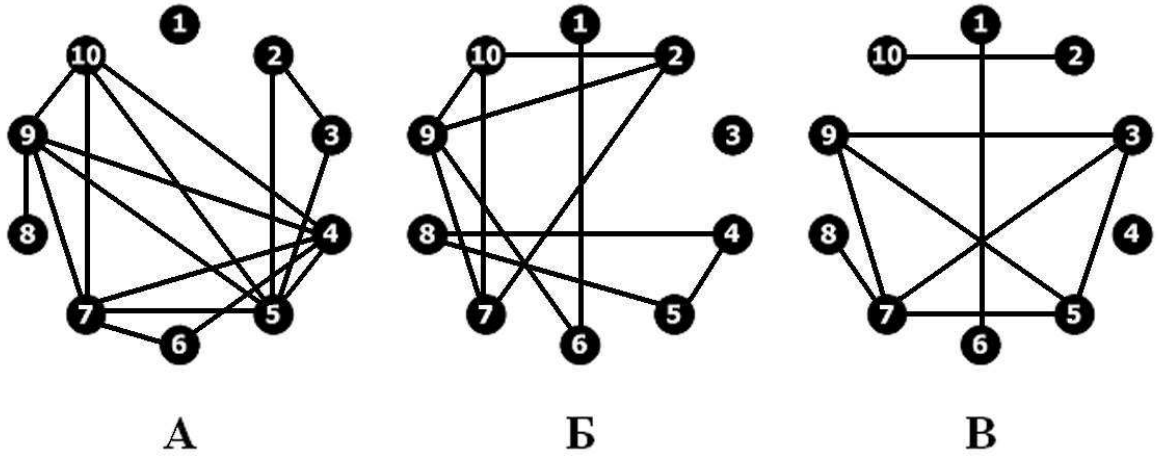

Рис. 5.3. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разных специализаций в фазе срочного восстановления после мышечной нагрузки (только достоверные взаимосвязи).
А – плавание, Б – бег, В – футбол.
(1 - HR_{B1}; 2 - $VO_{2\,B1}$; 3 - VE_{B1}; 4 - fb_{B1}; 5 - $V_{T\,B1}$; 6 - $HR_{B1}/HR_{покоя}$;
7 - $VE_{B1}/VE_{покоя}$; 8 - fb_{B1} / $fb_{покоя}$; 9 - $V_{T\,B1}/V_{T\,покоя}$; 10 - $VO_{2\,B1}$/ $VO_{2покоя}$).

Несколько иная ситуация наблюдается при сравнении степени напряженности регуляторных механизмов, обеспечивающих функциональную мобилизацию у представителей различных видов спорта в период отставленного восстановления.

У пловцов межпараметрические связи показателей функциональной мобилизации были столь же тесны, как и в фазе срочного восстановления,

что выразилось в 19 достоверных связях при 6 узловых параметрах и величине показателя мощности корреляции, равном 4,34 у.е.

]

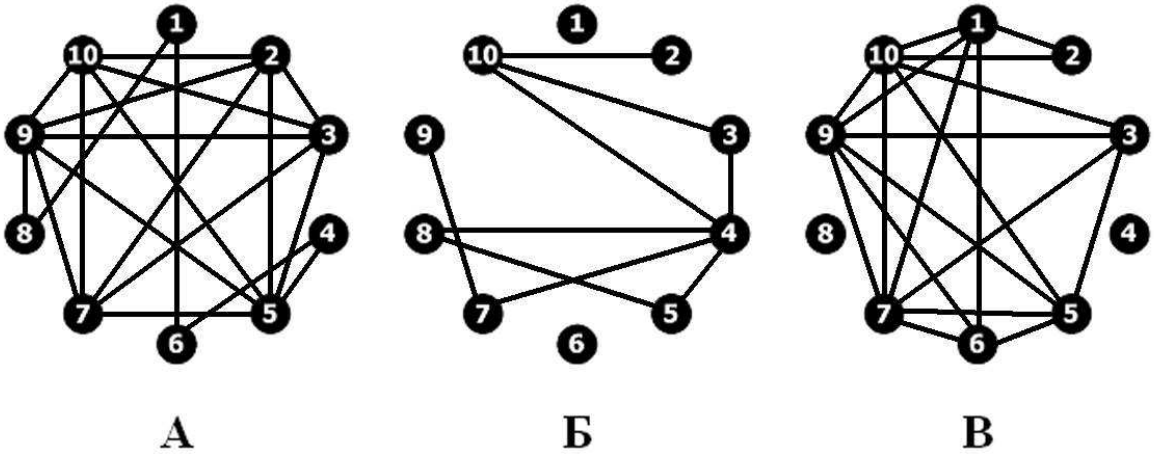

Рис. 5.4. Матрицы интеркорреляционных связей параметров, отражающих функциональную мобилизацию спортсменов разных специализаций в фазе отставленного восстановления после мышечной нагрузки (только достоверные взаимосвязи).
А – плавание, Б – бег, В – футбол. (1 - HR_{B5}; 2 - $VO_{2\,B5}$; 3 - VE_{B5}; 4 - fb_{B5}; 5 - $Vт_{B5}$; 6 - $HR_{B5}/HR_{покоя}$; 7 - $VE_{B5}/VE_{покоя}$; 8 - fb_{B5} / $fb_{покоя}$; 9 - $Vт_{B5}/Vт_{покоя}$; 10 - $VO_{2\,B5}$ / $VO_{2покоя}$).

Уровень напряженности регуляций у бегунов в период отставленного восстановления также соответствовал таковому в фазе срочного восстановления. Этот уровень характеризовался 9 достоверными связями при 1 узловом параметре и величиной показателя мощности корреляции, равном 3,83 у.е. В то же время, уровень напряженности регуляторных механизмов у футболистов в период отставленного восстановления кардинально отличался от уровня, зарегистрированного в фазе срочного восстановления. У представителей футбола к 5 минуте восстановления было практически вдвое больше достоверных взаимосвязей (19, при 5 узловых параметрах) по сравнению с фазой срочного восстановления (9 достоверных связей при 1 узловом параметре). При этом у них и показатель мощности корреляции в этот период был больше и равнялся 4,04 у.е.

Глава 6
ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ И МОБИЛИЗАЦИИ ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ЭРГОГЕНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ТРЕНИРОВКЕ СПОРТСМЕНОВ

Отличительной чертой современного спорта является неуклонный рост соревновательных и тренировочных нагрузок. В отдельных случаях это может обусловливать развитие крайней степени физического напряжения, и даже срыв адаптации. В этой связи, наряду с оптимизацией тренировочной работы, весьма остро проявляется необходимость разработки новых средств и технологий повышения функциональных возможностей и физической работоспособности спортсменов (Бальсевич В. К., 2001; Солопов И. Н., Шамардин А. И., 2003; Солопов И. Н., 2004; Солопов И. Н. и др., 2010; Корягина Ю. В. и др., 2015 и др.).

Как известно, основной целью спортивной тренировки является повышение уровня функциональных возможностей организма спортсмена за счет создания условий для развития адаптированности к физическим нагрузкам более высокого уровня (Фомин В. С., 1984; Платонов В. Н., 1997; Солопов И. Н., 2001; Солопов И. Н., Шамардин А. И., 2003; Сентябрев Н. Н. и др., 2004; Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н. и др., 2010). В результате эффективного процесса адаптации к нагрузкам происходит повышение функциональных резервов и готовности к их мобилизации (Волков В. М., 1990; Солодков А.С., 1987, 1995; Солопов И. Н., Шамардин А. И., 2003; Горбанева Е. П., 2008, 2012; Солопов И. Н. и др., 2010). Это в конечном итоге проявляется увеличением специальной физической работоспособности спортсменов.

Одним из ключевых моментов развития адаптированности и повышения тотальной физической работоспособности спортсменов является уровень мобилизационных возможностей физиологических функций организма, которые определяются такими их проявлениями, как скорость выхода функ-

циональных систем организма на необходимый уровень активности в начале физической нагрузки (функциональная реактивность), увеличение предельных возможностей организма в процессе специфической мышечной деятельности, повышение способности организма удерживать высокий уровень интенсификации функций, ускорение и повышение эффективности течения восстановительных процессов (Кучкин С. Н., 1986; Волков В. М., 1990; Гулбиани Т. И., 1991; Горбанева Е. П., 2008, Солопов И. Н. и др., 2010).

Известно, что систематическая физическая тренировка обеспечивает существенное повышение адаптированности организма к мышечным нагрузкам и способствует совершенствованию всех механизмов функциональных возможностей (Вазин А. Н. и др., 1978; Солопов И. Н., 2004, 2013). Вместе с тем показано, эффективность адаптации может быть значительно повышена за счет использования дополнительных функциональных нагрузок на организм в виде т.н. эргогенных средств (Leith D. E., Bradley M., 1976; Leith D. E. et al., 1979; Peress L. et al., 1979; Pardy R. et al., 1981; Sonne L. J., Davis J. A., 1982; Суслов Ф. П., 1983, 2000; Kim M. J., 1984; Кучкин С. Н., 1986, 1999; D'Urzo A. D. et al., 1986; Belman M. J., Gaesser G. A., 1988; Солопов И. Н., 1988, 2004; Belman B. J., Shadmehr R., 1988; Уильямс М., 1997; Шамардин А. И., 2000; Виноградов В. Е. и др., 2005; Солопов И. Н., 2004, 2013). Наиболее удобными и распространенными эргогенными средствами являются различные способы модификации и ограничения дыхательной функции. Например, весьма эффективным эргогеническим средством является дыхание с увеличенным аэродинамическим сопротивлением (Солопов И. Н., 2004, 2013; Шамардин А. А. и др., 2008; Чемов В. В., 2013, 2014), целенаправленное использование которого способствует росту уровня возможностей функциональных систем организма, что выражается в увеличении показателей аэробной производительности, общей и специальной физической работоспособности (Солопов И. Н., 2004, 2013; Шамардин А. А. и др., 2008).

Вследствие выше изложенного, в настоящем разделе исследования решалась задача выяснения влияния курса мышечных тренировок в условиях увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию на параметры функциональной реактивности и мобилизации спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции.

Для выяснения эффективности использования в тренировочном процессе дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением, было организовано исследование в ходе экспериментальной тренировки с участием 16 спортсменов-бегунов (18-20 лет), из которых были сформированы контрольная (5 человек) и исследуемая группы (11 человек) одинаковой физической подготовленности.

Тренировка продолжалась четыре недели, в течение которых все группы тренировались по единой тренировочной программе. В отличие от контрольной группы, участники исследуемой 20 – 25 % объема специальной работы выполняли в условиях дыхания в специальной маске с диафрагмой, создающей инспираторно-экспираторное аэродинамическое сопротивление, равное 8-10 см вд.ст.

До и после таких тренировок участники всех групп обследовались по одинаковой программе.

Все обследуемые выполняли мышечные нагрузки стандартной и максимальной мощности, которые дозировались по величине индивидуальной частоты сердечных сокращений. В процессе выполнения физической нагрузки одновременно регистрировали (при помощи метабалографа «Ergo-oxyscreen Jaeger») величины частоты сердечных сокращений (HR), легочной вентиляции (VE), частоты дыхания (fb), дыхательного объема (VT) и потребление кислорода (VO_2).

Функциональная реактивность (скорость выхода функциональных параметров на необходимый уровень изменений в начале выполнения физической нагрузки – скорость реагирования) оценивалась по показателям увели-

чения частоты сердечных сокращений ($HRW_1/HR_{покоя}$), увеличения легочной вентиляции ($VEW_1/VE_{покоя}$), увеличения частоты дыхания (fb W1/ $fb_{покоя}$), увеличения дыхательного объема (VT W1/ $V_{T\ покоя}$) и потребления кислорода ($VO_2W_1/VO_{2покоя}$) на первой минуте стандартной нагрузки относительно уровня покоя.

Функциональная мобилизация (максимальные значения функциональных параметров при выполнении кратковременной физической нагрузки максимальной мощности) определялась по показателям увеличения частоты сердечных сокращений ($HRW_{max}/HR_{покоя}$), увеличения легочной вентиляции ($VEW_{max}/VE_{покоя}$), увеличения частоты дыхания (fb W_{max}/ $fb_{покоя}$), увеличения дыхательного объема ($VTW_{max}/V_{Tпокоя}$) и потребления кислорода ($VO_2W_{max}/VO_{2покоя}$) при максимальной нагрузке относительно уровня покоя.

Основным результатом четырехнедельной тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию явилось более существенное повышение аэробной производительности (VO_{2max}) и уровня максимальной физической работоспособности (максимальной мощности кратковременной физической нагрузки - W_{max}) у бегунов исследуемой группы по сравнению со спортсменами контрольной группы. Так в исследуемой группе VO_{2max} и W_{max} увеличились к концу экспериментальной тренировки соответственно на 26,6 и 36,5% ($P<0,05$). Одновременно в контрольной группе эти показатели возросли в гораздо меньшей степени, соответственно на 2,5% ($P>0,05$) и 18,3% ($P<0,05$).

Более существенное увеличение максимальной аэробной производительности и максимальной мощности выполняемой физической нагрузки в исследуемой группе, на наш взгляд, в немалой степени было обусловлено более существенным приростом у них параметров функциональной реактивности и функциональной мобилизации.

6.1. Динамика параметров функциональной реактивности в начальной фазе выполнения стандартной физической нагрузки у спортсменов в результате систематической тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию

В таблице 6. 1 представлены средние величины показателей функциональной реактивности, зарегистрированные в исследуемой и контрольной группах в начале и в конце тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию.

Таблица 6.1

Изменение показателей функциональной реактивности в начальной фазе выполнения мышечной нагрузки стандартной мощности у спортсменов бегунов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию (X±m)

Показатели	Исследуемая группа (n=11)		Контрольная группа (n=5)	
	В начале тренировки	В конце тренировки	В начале тренировки	В конце тренировки
$HRW_1/HR_{покоя}$, %	149,4±6,4	162,6±9,3	152,1±3,9	143,8±5,1
$VтW_1/Vт_{покоя}$, %	148,8±14,9	206,9±20,8*	152,2±38,4	136,8±25,2
$fbW_1/fb_{покоя}$, %	123,4±10,2	121,2±10,1	132,3±27,5	139,9±8,9
$VEW_1/VE_{покоя}$, %	179,2±18,4	243,7±24,8*	179,8±39,5	186,9±31,5
$VO_2W_1/VO_{2покоя}$, %	271,4±29,8	276,0±43,2	310,0±54,2	198,1±44,7

Сравнительный анализ показателей функциональной реактивности показал, что в результате систематической экспозиции дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением у бегунов исследуемой группы скорость реагирования вегетативных систем на тестирующую стандартную нагрузку повысилась в большей степени, чем у бегунов контрольной группы, не использовавших такой режим дыхания. Так, учащение сердечных сокращений

на первой минуте стандартной нагрузки относительно уровня покоя в исследуемой группе увеличилось на 8,8% (P>0,05), тогда как в контрольной группе этот показатель, напротив, снизился на 5,5% (P>0,05).

Аналогично изменилась и скорость усиления легочной вентиляции. В исследуемой группе этот показатель статистически достоверно увеличился на 36,0% (P<0,05), а в контрольной группе – всего на 3,9% (P>0,05). При этом следует отметить, что в исследуемой группе этот прирост был обеспечен более эффективным и экономичным путем. Большие величины легочной вентиляции достигались в исследуемой группе исключительно за счет большего увеличения дыхательного объема (на 39,0%, P<0,05) при несколько снизившемся увеличении частоты дыхания (на 1,8%, P>0,05).

В литературе отмечается, что экономичность функции дыхания обусловливается и выражается, в том числе, в рациональном (оптимальном) соотношении объемно-временных параметров паттерна дыхания. Отмечается, что при более редком и глубоком дыхании создаются наилучшие условия для газообмена (Майлс С., 1971; Бреслав И. С., 1984; Кучкин С. Н., 1999; Солопов И. Н., Солопов А.И., 2013). При этом энергетическая стоимость самих дыхательных движений минимизируется (Grimby G., 1976; Кучкин С. Н., 1999).

В то же время, в контрольной группе весьма небольшой прирост скорости увеличения легочной вентиляции (на 3,9%, P>0,05) обеспечивался менее рациональным путем – в основном за счет увеличения скорости прироста частоты дыхания (на 5,7%, P>0,05) при одновременном снижении скорости прироста дыхательного объема (на 10,1%, P>0,05).

Весьма показательны были различия между исследуемой и контрольной группами в реактивности такого интегративного функционального показателя, как текущее потребление кислорода. В исследуемой группе после месячной экспериментальной тренировки на первой минуте стандартной тестирующей нагрузки потребление кислорода возросло, хотя и не значительно

(на 1,7%, P>0,05). В то же время в контрольной группе этот показатель довольно значительно снизился. Вполне вероятно, что это было обусловлено ухудшением условий газообмена, вызванным снижением скорости прироста дыхательного объема (на 10,1%, P>0,05), тогда как в исследуемой группе этот показатель возрос (на 39,0%, P<0,05).

6.2. Динамика параметров функциональной мобилизации при выполнении физической нагрузки максимальной мощности у спортсменов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию

Весьма примечательна была и динамика параметров функциональной мобилизации, отражающая возможности физиологических систем организма к максимальному усилению своих функций при предельных мощностях физических нагрузок, наблюдавшаяся в исследуемой и контрольной группах в результате экспериментальной тренировки (табл. 6.2).

В результате месячного курса тренировок с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию в исследуемой группе все изучаемые показатели возросли в большей мере, чем в контрольной.

Так скорость учащения сердечных сокращений в исследуемой группе увеличилась на 10,0% (P>0,05), тогда как в контрольной группе всего на 3,5% (P>0,05).

Скорость усиления легочной вентиляции при W_{max} в исследуемой группе увеличилась на 38,1% (P<0,05), а в контрольной группе на 25,4% (P>0,05). При этом в исследуемой группе это достигалось за счет большей степени усиления как частоты дыхания (на 14,2%, P>0,05), так и дыхательного объема (на 25,1%, P>0,05). В контрольной группе прирост скорости увеличения легочной вентиляции достигался только за счет увеличения прироста дыхательного объема (на 19,6%, P>0,05) при некотором падении скорости

учащения дыхания (на 3,4%, P>0,05), что косвенно указывает на меньшие возможности дыхательной системы к максимальной мобилизации.

Таблица 6.2

Изменение показателей функциональной мобилизации в процессе выполнения физической нагрузки максимальной мощности у спортсменов бегунов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию (X±m)

Показатели	Исследуемая группа (n=11)		Контрольная группа (n=5)	
	В начале тренировки	В конце тренировки	В начале тренировки	В конце тренировки
$HR_{max}/HR_{покоя}$, %	229,4±13,0	252,4±8,4	222,4±15,8	230,1±11,3
$Vт_{max}/ Vт_{покоя}$, %	334,1±38,2	417,8±30,7	337,0±36,7	403,2±87,3
$fb_{max}/ fb_{покоя}$, %	305,4±18,4	348,8±31,0	356,2±58,4	344,3±44,1
$VE_{max}/VE_{покоя}$, %	1026,0±127,7	1417,0±117,7*	996,6±122,0	1249,8±166,4
$VO_2W_{max}/VO_{2покоя}$, %	1122,0±196,3	1708,2±184,9*	1034,8±67,0	929,0±163,2

Характер изменения показателя усиления текущего потребления кислорода в исследуемой и контрольной группах, зарегистрированный при выполнении стандартной нагрузки, еще более рельефно проявился при выполнении тестирующей нагрузки максимальной мощности. Так к концу экспериментальной тренировки в исследуемой группе показатель усиления текущего потребления кислорода увеличился весьма существенно (на 52,2%, P<0,05), тогда как в контрольной группе этот показатель наоборот еще больше снизился (на 10,2%, P>0,05).

Вероятно, эти различия в мобилизационных возможностях аэробной производительности были обусловлены не только различной динамикой паттерна дыхания, характеризующейся более экономичным соотношением объемно-временных параметров дыхательного цикла в исследуемой группе, но повышением эффективности тканевого дыхания в этой группе. В литературе

отмечается, что в результате тренировки в условиях увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию весьма существенно повышается аэробная производительность организма (Медведев Д. В. и др., 2007; Шамардин А. А. и др., 2008; Горбанева Е. П., Лагутина М. В., 2010, 2011; Чемов В. В. и др., 2011).

6.3. Изменение параметров функциональной реактивности и мобилизации в восстановительном периоде после физической нагрузки у спортсменов в результате курса тренировок с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию

Далее весьма важно было выяснить влияние систематического использования в тренировке спортсменов дыхания при увеличенном аэродинамическом сопротивлении на параметры функциональной реактивности и мобилизации восстановительных процессов.

Данный аспект эффектов регулярного использования в тренировочном процессе дополнительных эргогенных средств оценивался по динамике показателей реактивности и мобилизации восстановления параметров кардиореспираторной системы организма спортсменов после тестирующих нагрузок.

В таблице 6.3. представлены средние величины изучаемых показателей функциональной реактивности восстановления в исследуемой и контрольной группах, зарегистрированные в начале и в конце экспериментальной тренировки.

Динамика параметров реактивности восстановления оценивалась нами по степени изменения вегетативных параметров к концу первой минуты восстановительного периода относительно уровня покоя. За положительную динамику принимался меньший процент превышения отдельного параметр на первой минуте реституции к уровню этого параметра в условиях исходного

покоя, что рассматривалось в качестве показателя более высокой скорости (а значит и более высокой реактивности) восстановления этого параметра.

Таблица 6.3

Изменение показателей функциональной реактивности восстановления у спортсменов бегунов в результате тренировки с дополнительным резистивным сопротивлением дыханию (X±m)

Показатели	Исследуемая группа (n=11)		Контрольная группа (n=5)	
	В начале тренировки	В конце тренировки	В начале тренировки	В конце тренировки
$HRB_1/HR_{покоя}$, %	199,1±9,8	186,5±11,8	179,7±21,9	175,8±6,1
$VтB_1/ Vт_{покоя}$, %	297,6±26,5	247,8±25,4	311,1±34,8	248,8±22,3
$fbB_1/ fb_{покоя}$, %	189,7±13,3	214,3±27,0	179,4±23,8	202,2±15,5
$VEB_1/VE_{покоя}$, %	560,6±60,9	501,4±64,1	529,4±31,3	490,2±20,1
$VO2B_1/VO_{2покоя}$, %	574,1±94,4	545,8±123,2	449,1±21,8	434,8±50,3

Так, в исследуемой группе в начале экспериментальной тренировки степень увеличения частоты сердечных сокращений относительно уровня покоя на первой минуте восстановительного периода в среднем составляла 199,1±9,8%, тогда как в конце тренировки это увеличение равнялось уже в среднем 186,5±11,8%. Степень увеличения HR в результате экспериментальной тренировки снизилась на 6,3%, что расценивалось нами как увеличение скорости реституции данного показателя в фазе срочного восстановления.

В тоже время в контрольной группе скорость восстановления частоты сердечных сокращений к первой минуте восстановления увеличилась всего на 2,2%.

Сравнение динамики скорости восстановления параметров внешнего дыхания в исследуемой и контрольной группах показало, что при практически равной степени изменения скорости восстановления величины частоты дыхания (снижение скорости соответственно на 12,9 и 12,7%) и скорости

восстановления величины дыхательного объема (увеличение скорости соответственно на 16,7 и 20,0%), скорость восстановления уровня текущей легочной вентиляции в исследуемой группе увеличилась более существенно (на 10,6%), чем в контрольной (на 7,4%).

Аналогичные изменения скорости восстановления обнаружились и в интегративном параметре кардиореспираторной системы – величине потребления кислорода. В исследуемой группе скорость реституции VO_2 к концу экспериментальной тренировки возросла на 4,9%, а в контрольной – на 3,2%.

Следует отметить, что все рассмотренные выше параметры изменились статистически не достоверно, но положительные тенденции в исследуемой группе проявились более выражено.

В таблице 6.4. представлены средние величины показателей функциональной мобилизации восстановления в исследуемой и контрольной группах в результате экспериментальной тренировки, зарегистрированные на пятой минуте восстановительного периода, в фазе отставленного восстановления.

Положительные тенденции изменения скорости (реактивности) восстановления вегетативных параметров под влиянием тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию, обнаруженные в фазе срочной реституции, еще более отчетливо проявились в период отставленного восстановления.

Так уровень мобилизации восстановления частоты сердечных сокращений в исследуемой группе увеличился еще в большей степени, чем реактивность этого параметра (на 10,6%, $P<0,05$), тогда как в контрольной группе скорость мобилизации восстановления этого параметра увеличилась всего на 4,1% ($P>0,05$).

В исследуемой группе весьма существенно возросли и показатели мобилизации восстановления параметров внешнего дыхания. Скорость восстановления величины дыхательного объема в этой группе к пятой минуте восстановления возросла в среднем на 11,8 %, а в контрольной группе всего на

4,7%. Скорость восстановления частоты дыхания к пятой минуте периода реституции в обеих группах замедлилась, так же как в фазе срочного восстановления, вероятно, как проявление компенсаторного механизма в ответ на ускорение восстановления дыхательного объема (Бреслав И. С., 1984). Вместе с тем это замедление было не одинаково по размерам. Если в контрольной группе замедление скорости восстановления частоты дыхания было весьма существенным и составило 19,7%, хотя и статистически не значимо, то в исследуемой группе оно было на уровне всего 4,8%.

Таблица 6.4

Изменение показателей функциональной мобилизации восстановления у спортсменов бегунов в результате тренировки с дополнительным резистивным сопротивлением дыханию (X±m)

Показатели	Исследуемая группа (n=11)		Контрольная группа (n=5)	
	В начале тренировки	В конце тренировки	В начале тренировки	В конце тренировки
$HRB_5/HR_{покоя}$, %	160,7±5,4	143,6±4,3*	159,5±9,1	153,0±2,6
$VтB_5/ Vт_{покоя}$, %	183,0±12,6	161,4±15,3	205,9±34,3	196,3±30,1
$fbB_5/ fb_{покоя}$, %	156,1±10,9	164,7±15,4	139,6±14,7	167,1±12,8
$VEB_5/VE_{покоя}$, %	287,0±30,0	273,2±41,6	271,6±27,4	331,5±60,8
$VO2B_5/VO_{2покоя}$, %	292,9±42,5	334,2±59,5	264,9±30,5	316,3±79,2

В результате этого, в контрольной группе скорость восстановления уровня легочной вентиляции замедлилась весьма заметно (на 22,1%, P>0,05), тогда как в исследуемой группе скорость восстановления уровня текущей легочной вентиляции, напротив, несколько возросла (на 4,8%, P>0,05).

Весьма примечательна динамика скорости восстановления минутного потребления кислорода к пятой минуте реституции. И в исследуемой, и в контрольной группах наблюдалось довольно существенное снижение скорости восстановления этого параметра (соответственно на 141 и 19,4%). Это

свидетельствует о сохранении довольно высокого уровня потребления кислорода к пятой минуте восстановительного периода. Вероятно, это обстоятельство является проявлением более выраженного эффекта «суперкомпенсации».

И еще одно обстоятельство обратило на себя внимание. Заметный рост минутного потребления кислорода на пятой минуте восстановления с одновременным снижением уровня легочной вентиляции указывает на повышение эффективности и экономичности метаболических процессов в фазе отставленного восстановления в исследуемой группе. Тогда как довольно большой уровень потребления кислорода при одновременном росте легочной вентиляции не свидетельствует в пользу повышения эффективности метаболизма в контрольной группе. Более того, вполне вероятно, что повышенный уровень потребления кислорода обусловлен как раз увеличенным уровнем легочной вентиляции и, вследствие этого, дополнительной работой дыхательной мускулатуры, обеспечивающей такой уровень вентиляции (Grimby G., 1976; Кучкин С. Н., 1986).

6.4. Динамика напряженности регуляторных механизмов в периоде восстановления после физической нагрузки у спортсменов в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию

Наряду с анализом динамики абсолютных и относительных показателей функциональной реактивности и мобилизации у спортсменов в результате систематической тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением, одной из частных задач было выяснение изменения показателей напряженности регуляторных механизмов.

Оценка динамики напряженности регуляции была осуществлена на основе анализа тесноты межпараметрических связей по величине показателей

мощности корреляции, рассчитанных в исследуемой и контрольной группах в начале и в конце исследуемой тренировки. При этом анализу подвергались величины показателей мощности корреляции, полученные для параметров функциональной реактивности и функциональной мобилизации, как в период выполнения тестирующей физической нагрузки, так и в период восстановления после нее.

На рисунке 6.1 в графическом виде представлена вся совокупность анализируемых показателей мощности корреляции.

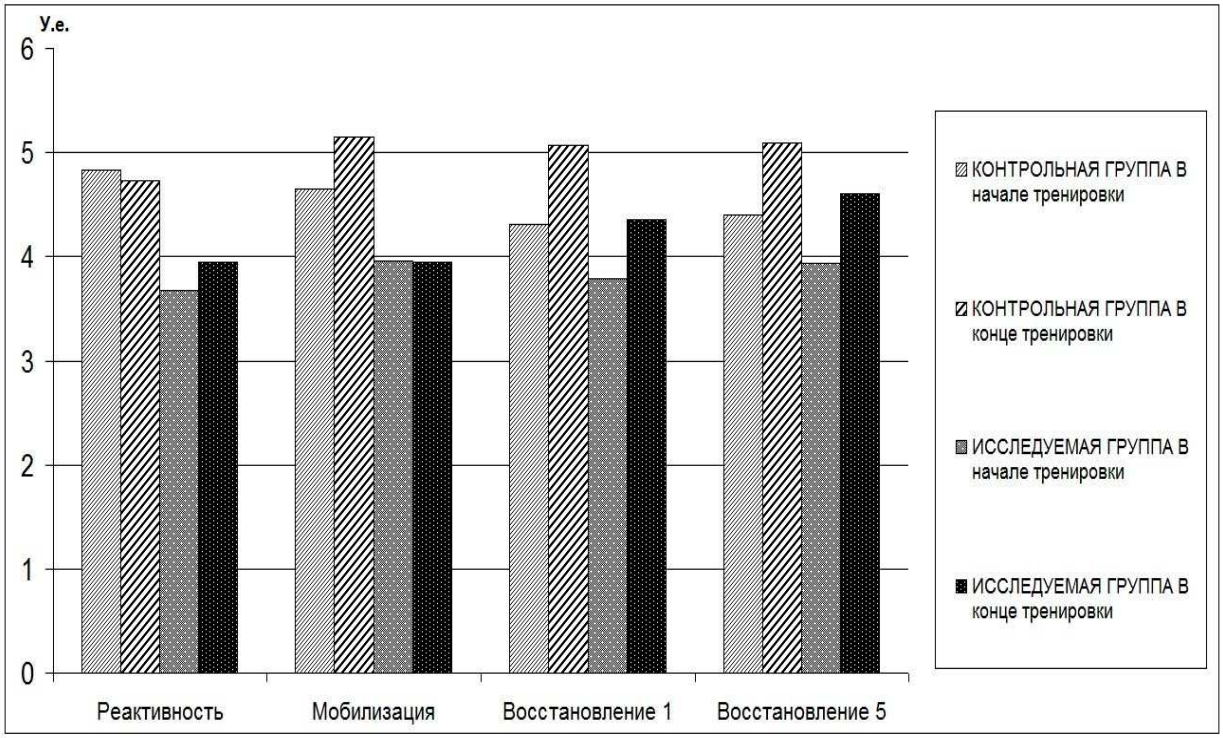

Рис. 6.1. Изменение показателя мощности корреляции у спортсменов исследуемой и контрольной групп в результате специальной тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию

Из представленного графика можно видеть, что в результате экспериментальной тренировки у спортсменов исследуемой группы произошло увеличение показателя мощности корреляции параметров функциональной ре-

активности при нагрузке на 7,6%, что указывает на рост регулирующих влияний (рост напряженности регуляторных механизмов), отражающий развитие функциональной оптимизации и, в определенной мере, расширение функциональных возможностей, которые реализуются и в процессе восстановления (Судаков К.В. и др., 1995; Исаев А.П. и др., 1997; Солопов И.Н. и др., 2010).

В то же время, в контрольной группе, не применявшей в тренировке дыхание с увеличенным аэродинамическим сопротивлением, показатель мощности корреляции параметров функциональной реактивности, напротив, несколько снизился (на 2,1%).

Сравнение показателей мощности корреляции параметров функциональной мобилизации при нагрузке показывает совершенно противоположную картину. В исследуемой группе этот показатель практически не изменился (снижение на 0,3%), а в контрольной группе весьма существенно возрос (на10,7%). Учитывая то обстоятельство, что абсолютные и относительные показатели функциональной мобилизации при нагрузке в исследуемой группе возросли несколько более существенно по сравнению с контрольной группой, можно заключить, что процессы восстановления в этой группе протекают более экономично, без дополнительного напряжения регуляторных механизмов.

В отличие от разнонаправленной динамики показателей мощности корреляции параметров функциональной реактивности и мобилизации в период выполнения тестирующей физической нагрузки, динамика этого показателя изучаемых параметров в период восстановления была в обеих группах однонаправленной и характеризовалась их существенным ростом (в диапазоне от 15,0 до 17,6 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время спортивная тренировка рассматривается как планомерный процесс развития адаптированности организма человека к систематическим мышечным нагрузкам, конечным результатом которого является повышение функциональных возможностей, трансформирующихся в более высокий уровень тотальной физической работоспособности (Солодков А. С., 1987; Солопов И. Н., 2001; Солопов И. Н., Шамардин А.И., 2003; Сентябрев Н.Н. и др., 2004; Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н. и др., 2010).

В этом плане в отечественной физиологии спорта уже достаточно давно разрабатывается представление о функциональной подготовленности спортсменов, которое в последние годы получило новый мощный импульс развития (Фомин В. С., 1984; Павлов С. Е., 1999, 2000, 2004; Шамардин А.И., 2000; Кизько А. П., 2001; Солопов И. Н., Шамардин А. И., 2003; Шамардин А. А. и др., 2008; Горбанева Е. П., 2008, 2012; Солопов И. Н. и др., 2010; Чемов В. В., 2014).

К настоящему времени под функциональной подготовленностью спортсменов понимается многокомпонентное свойство организма, сущностью которого выступает степень совершенства физиологических механизмов, обеспечивающих реализацию важнейших для спортивной деятельности качеств в процессе выполнения специфического регламентированного двигательного акта (Мищенко В. С., 1990; Mines A. H., 1993; Boening D., 1997; Солопов И. Н., 2001; Солопов И. Н., Шамардин А. И., 2003; Мищенко В. С. и др., 2007; Солопов И. Н. и др., 2009, 2010; Павлова Т. Н. и др., 2010).

При этом важнейшее значение имеют именно качественные характеристики функциональных возможностей, такие как функциональная мощность, функциональная мобилизация, функциональная устойчивость и функциональная эффективность и экономичность (Мищенко В. С., 1990; Солопов И.Н., Шамардин А. И., 2003; Горбанева Е. П., 2008, Солопов И.Н. и др., 2010)

В ряду других, одним из ключевых моментов повышения уровня функциональной подготовленности спортсменов является развитие мобилизационных возможностей физиологических систем организма, которые проявляются в двух видах: в экстренном усилении функций в начале работы – функциональная реактивность, и в увеличении предельных возможностей физиологических систем в процессе выполнения максимальных по интенсивности нагрузок – функциональная мобилизация. Кроме того, весьма важны проявления функциональной реактивности (в острый период) и функциональной мобилизации (в отставленный период) в течение восстановительных процессов (Кучкин С. Н., 1986; Волков В. М., 1990; Горбанева Е. П., 2008, Солопов И. Н. и др., 2010).

При этом особо следует остановиться на понятии «функциональная реактивность», которое мы трактуем в несколько расширенном виде, и в контексте направления нашего исследования, рассматриваем его как экстренные сдвиги со стороны физиологических систем организма на выполнение предъявляемой физической нагрузки.

К настоящему моменту многие аспекты развития и реализации функциональной реактивности и мобилизации остаются недостаточно освещенными или вообще не изученными. Так, для эффективного управления процессом адаптации важно иметь представление о динамике основных параметров мобилизационных возможностей организма в связи с различным паттерном локомоций в рамках определенной специфической мышечной деятельности спортсменов (спортивной специализации) и, конечно, – в динамике многолетней спортивной тренировки.

Представления о закономерностях развития, механизмах реализации функциональной реактивности и мобилизационных возможностей, безусловно, крайне важны для разработки научно обоснованных, оптимизированных программ специальной подготовки спортсменов, разработки системы контроля и оценки функциональной подготовленности организма.

Имея в виду выше обозначенные положения, в настоящем исследовании основной целью явилось изучение специфических особенностей и закономерностей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов на разных этапах многолетней спортивной тренировки как в процессе выполнения физических нагрузок различной интенсивности, так и в разные фазы периода восстановления. Кроме того, весьма важно изучить возможные пути целенаправленного развития мобилизационных возможностей организма, в частности, посредством привлечения дополнительных эргогенных воздействий.

Результаты исследования с участием спортсменов различного уровня функциональной подготовленности и специализирующихся в разных видах спортивной деятельности позволили получить новые данные по основным аспектам развития и проявления функциональной реактивности и функциональной мобилизации.

Так, показано, что с ростом функциональной подготовленности (квалификации) спортсменов реакция вегетативных систем организма на предъявляемую физическую нагрузку стандартной мощности весьма существенно снижается. Это выражается как в динамике абсолютных величин изучаемых параметров, так и в изменении относительных показателей функциональной реактивности. Весьма вероятно, что выраженность функциональной реактивности с ростом подготовленности спортсменов снижается вследствие параллельного роста экономизации функционирования физиологических систем, что и проявляется в минимизации функциональных реакций. Это еще в большей степени проявляется при работе максимальной мощности, когда наблюдается снижение уровня большинства показателей функциональной мобилизации, особенно частотных. В то же время показатели функциональной мобилизации, являющиеся выразителями максимальной тотальной работоспособности, закономерно возрастают. Возможно, что этот рост обеспечива-

ется, в том числе, за счет проявления «перекрестной компенсации» таких функциональных свойств как мобилизация и экономизация.

Анализ показателей функциональной реактивности и функциональной мобилизации свидетельствует о том, что специфика привычной спортивной деятельности оказывает существенное влияние на уровень функциональных возможностей организма спортсменов. Обнаружилось, что большинство параметров функциональной реактивности имеют наибольшие величины у пловцов. Это, вероятно, связано с особенностями вегетативного реагирования на специфическую мышечную деятельность в условиях водной среды и с особенностями структуры их функциональной подготовленности, отличительной чертой которой являются высокие возможности энергопродукции и ее вегетативного обеспечения при плавании (Солопов И. Н., 1988; Солопов И.Н., Бакулин С. А., 1996; Горбанева Е. П., 2008; Солопов И. Н. и др., 2010).

Сравнительный анализ динамики показателей, отражающих напряженность регуляторных механизмов, обусловливающих функциональную реактивность в процессе многолетней адаптации к мышечной работе, показывает наличие тренда на снижение напряженности этих механизмов и уменьшение регулирующих влияний с ростом квалификации спортсменов. Это следует рассматривать как положительный эффект, отражающий развитие адаптированности организма к специфическим физическим нагрузкам спортивного характера, в том числе и за счет повышения экономичности функционирования физиологических систем организма.

Сравнение степени интегрированности всего спектра изучаемых параметров функциональной реактивности у представителей разных видов спорта, отражающей уровень напряженности регуляторных механизмов, обнаружил характерные особенности специфической структуры межпараметрических взаимосвязей у каждой спортивной специализации. Эти особенности заключаются в различиях структурных компонентов, как по номиналу, так и по степени их интегрированности.

Таким образом, результаты исследования показали, что мобилизационные возможности организма закономерно увеличиваются с повышением уровня подготовленности спортсменов. При этом рост мобилизационных возможностей организма в целом обеспечивается разнонаправленным изменением отдельных параметров физиологических систем. В большинстве случаев абсолютные и относительные показатели мобилизации объемных параметров вегетативных систем закономерно увеличиваются или не изменяются от одной возрастно-квалификацинной группы спортсменов к другой. В то же время практически все частотные параметры имеют устойчивую тенденцию к снижению. Это свидетельствует о том, что, наряду с повышением мобилизационных возможностей с ростом квалификации спортсменов, развиваются и процессы экономизации функционирования физиологических систем. Как результат этих параллельных процессов наблюдается устойчивое и статистически значимое увеличение интегративного показателя функциональной мобилизации организма – показателя степени увеличения валового потребления кислорода при максимальной физической нагрузке относительно уровня покоя.

Полученные в исследовании результаты свидетельствуют о том, что специфика привычной спортивной деятельности оказывает существенное влияние на уровень функциональных возможностей организма спортсменов, в частности, на параметры функциональной мобилизации. В большинстве показателей функциональной мобилизации наибольшие величины обнаруживаются у пловцов. Это вероятно связано как с особенностями вегетативного реагирования на специфическую мышечную деятельность в затрудненных условиях водной среды, так и со структурой функциональной подготовленности организма пловцов, у которых ключевыми компонентами как раз являются более высокие возможности энергопродукции и ее вегетативного обеспечения при плавании.

Сравнительный анализ уровня напряженности регуляторных механизмов показал ее увеличение с ростом специальной физической и функциональной подготовленности спортсменов при одновременном повышении уровня регулирующих влияний на физиологические системы и развитии определенной оптимизации их функционирования.

Сравнение степени интегрированности изучаемых параметров функциональной мобилизации у представителей разных видов спорта, отражающей уровень напряженности регуляторных механизмов, показало наличие специфических особенностей структуры межпараметрических взаимосвязей у каждой спортивной специализации.

Характерной особенностью регуляторного компонента функциональной мобилизации пловцов является относительно высокая степень напряженности регуляторных механизмов, что свидетельствует о и высокой степени функциональной оптимизации.

У спортсменов футболистов наблюдается противоположная картина. У них отмечается самый низкий уровень напряженности регуляторных механизмов.

В этом отношении у спортсменов бегунов параметры функциональной мобилизации характеризуются средним уровнем функциональной оптимизации при относительно низком уровне напряженности регуляторных механизмов.

Сравнительный анализ параметров функциональной реактивности восстановления у спортсменов различного уровня подготовленности показал, что наилучшие ее показатели, в том числе и интегративный показатель – величина потребления кислорода, как в абсолютном, так и в относительном выражении, наблюдаются у спортсменов более высокой квалификации, тогда как у менее подготовленных спортсменов эти параметры были существенно ниже. При этом у этих спортсменов относительно низкие значения минутного потребления кислорода обеспечивались более значительным, по сравне-

нию со спортсменами высокой квалификации, ростом текущей легочной вентиляции при менее оптимальном соотношении объемно-временных параметров физиологических систем.

Сравнение параметров функциональной мобилизации восстановления обнаружило заметное преимущество их у спортсменов II спортивного разряда, тогда как у спортсменов самой низкой квалификации были самыми низкими и параметры функциональной мобилизации. У наиболее подготовленных спортсменов при этом, хотя и были несколько меньшие величины мобилизационных возможностей восстановления, но все же находились на достаточно высоком уровне.

Данное обстоятельство может быть объяснено тем, что наиболее высокие величины показателей функциональной мобилизации наблюдаются у спортсменов, находящихся именно на промежуточном этапе многолетнего процесса адаптации, а их значения для функциональных возможностей организма в целом наиболее весомы. В дальнейшем, при развитии адаптированности на этапе высшего спортивного мастерства, их значение несколько снижается, но остается на достаточно высоком уровне при одновременном росте значения параметров функциональной эффективности и экономичности (Верхошанский Ю. В., 1988; Кучкин С. Н., 1997, 1998; Солопов И. Н., Шамардн А. И., 2003; Солопов И. Н. и др., 2010).

Результаты сравнительного анализа показали, что у спортсменов более высокой квалификации наблюдается более существенный уровень напряженности регуляторных механизмов, что отражает большую степень функциональной оптимизации и указывает на более широкие функциональные возможности более подготовленных спортсменов (Судаков К. В. и др., 1995; Исаев А. П. и др., 1997).

Анализ полученных результатов показывает, что спортсмены, адаптированные к мышечной работе различного характера, существенно отличаются по отдельным показателям мобилизационных возможностей в разные пе-

риоды восстановления после них. В срочной фазе восстановления наилучшие мобилизационные возможности демонстрируют пловцы и бегуны. В период отставленного восстановления на первые позиции выходят футболисты и пловцы. При этом скорость мобилизации восстановления в определенной мере зависит и от уровня предельной мобилизации в предшествующий период работы.

Сравнительный анализ напряженности регуляций показал, что у пловцов, как в период срочного, так и отставленного восстановления, отмечается более высокий уровень напряженности регуляторных механизмов, по сравнению с представителями других видов спорта. Это указывает на большую степень оптимизации процессов функциональной реактивности и мобилизации и о больших функциональных возможностях у представителей плавания. В то же время у представителей легкоатлетического бега и футбола процессы функциональной реактивности и функциональной мобилизации в периоде восстановления протекают при меньшем напряжении механизмов регуляции, что свидетельствует о несколько меньшем диапазоне функциональных возможностей спортсменов этих групп (Судаков К. В. и др., 1995; Исаев А. П. и др., 1997; Солопов И. Н. и др., 2010).

Результаты исследования показывают определенную зависимость мобилизационных возможностей при различных мощностях физической нагрузи и в период восстановления, от особенностей привычной мышечной деятельности (спортивной специализации), к которой адаптированы спортсмены, и, вероятно, именно особенностями характера адаптации и обусловлены данные различия.

Результаты проведенного физиологического эксперимента убедительно свидетельствуют, что систематическое использование экспозиции дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением, интегрированные в тренировку легкоатлетов бегунов способствует более существенному росту функциональных возможностей организма спортсменов, что, прежде

всего, выразилось в значительном повышении их интегративных показателей – аэробной производительности максимальной общей физической работоспособности.

В немалой степени это обусловлено существенным расширением мобилизационных возможностей вегетативных систем организма спортсменов, что отразилось в увеличении, как параметров функциональной реактивности, так и параметров максимальной мобилизации функций при выполнении стандартной и максимальной по мощности физических нагрузок.

В результате экспериментальной тренировки наблюдаются положительные изменения параметров функциональной реактивности и функциональной мобилизации восстановления вегетативных параметров, которые сопровождаются повышением эффективности и экономичности метаболических процессов.

Анализ уровней напряженности регуляторных механизмов, зарегистрированных в начале и в конце экспериментальной тренировки, обнаружил в исследуемой группе развитие функциональной оптимизации и, в определенной мере, расширение функциональных возможностей, которые реализуются как в процессе выполнения физической нагрузки, так и в периоды срочного и отставленного восстановления, последний при этом характеризуется большей экономичностью функционирования, без дополнительного напряжения регуляторных механизмов.

ВЫВОДЫ

1. С ростом функциональной подготовленности (квалификации) спортсменов реакция вегетативных систем организма на предъявляемую физическую нагрузку стандартной мощности весьма существенно снижается, что выражается в динамике абсолютных и относительных величин показателей функциональной реактивности и обусловливается параллельным ростом экономизации функционирования физиологических систем.

2. Параметры функциональной мобилизации вегетативных систем закономерно увеличиваются от одной возрастно-квалификацинной группы спортсменов к другой при разнонаправленном изменении отдельных показателей физиологических систем, обусловленном поиском оптимального соотношения объемно-временных параметров и развитием процессов экономизации функционирования физиологических систем, и выражается в устойчивом и статистически значимом увеличении интегративного показателя функциональной мобилизации организма – показателя степени увеличения валового потребления кислорода при максимальной физической нагрузке относительно уровня покоя.

3. Специфика спортивной локомоции оказывает существенное влияние на уровень функциональной реактивности и функциональной мобилизации организма спортсменов. Большинство параметров реактивности и мобилизации функций имеют наибольшие величины у пловцов, что, вероятно, связано с особенностями вегетативного реагирования на специфическую мышечную деятельность в затрудненных условиях водной среды и с особенностями структуры их функциональной подготовленности, отличительной чертой которой являются высокие возможности энергопродукции и ее вегетативного обеспечения.

4. Напряженность регуляторных механизмов, обусловливающих функциональную реактивность в процессе многолетней адаптации к мышечной

работе, существенно снижается и сопровождается повышением экономичности функционирования физиологических систем организма, тогда как напряженность регулирующих влияний, определяющих функциональную мобилизацию с повышением специальной физической и функциональной подготовленности спортсменов существенно возрастает при одновременном развитии определенной оптимизации их функционирования.

5. Уровень интегрированности показателей функциональной реактивности и функциональной мобилизации у представителей разных видов спорта, отражающей степень напряженности регуляторных механизмов, имеет характерные особенности специфической структуры межпараметрических взаимосвязей и различается как по номиналу, так и по степени интегрированности параметров.

6. Спортсмены более высокого уровня подготовленности имеют наилучшие параметры функциональной реактивности восстановления, в том числе и интегративного показателя - величины потребления кислорода, как в абсолютном, так и в относительном выражении.

7. Наилучшие показатели функциональной мобилизации восстановления имеют спортсмены, находящиеся на промежуточном этапе многолетнего процесса адаптации, когда значение мобилизационных возможностей для специальной физической работоспособности организма в целом наиболее велико. У более подготовленных спортсменов при этом, хотя и наблюдаются несколько меньшие величины мобилизационных возможностей восстановления, однако остаются на достаточно высоком уровне.

8. Спортсмены, адаптированные к мышечной работе различного характера, существенно отличаются по отдельным показателям мобилизационных возможностей в разные периоды восстановления после физической нагрузки. В срочной фазе восстановления наилучшие мобилизационные возможности демонстрируют пловцы и бегуны. В период отставленного восстановления преимущество демонстрируют футболисты и пловцы.

9. У спортсменов более высокой квалификации наблюдается более существенный уровень напряженности регуляторных механизмов в период восстановления, что отражает большую степень функциональной оптимизации и указывает на расширение функциональных возможностей более квалифицированных спортсменов.

10. В период восстановления более высокий уровень напряженности регуляторных механизмов обнаруживается у представителей плавания, что отражает большую степень оптимизации процессов функциональной реактивности и мобилизации и более широкие функциональные возможности. В то же время у представителей легкоатлетического бега и футбола процессы функциональной реактивности и функциональной мобилизации в периоде восстановления протекают при меньшем напряжении механизмов регуляции, что свидетельствует о меньшем диапазоне функциональных возможностей спортсменов этих групп.

11. Систематическое использование дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением в тренировке спортсменов способствует более существенному росту функциональных возможностей, что выражается в значительном повышении интегративных показателей - аэробной производительности и максимальной общей физической работоспособности, что обеспечивается в немалой степени существенным расширением мобилизационных возможностей вегетативных систем организма при выполнении мышечных нагрузок.

12. Мышечная тренировка в условиях увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию положительно влияет на параметры функциональной реактивности и функциональной мобилизации восстановления вегетативных систем, и способствует повышению эффективности и экономичности метаболических процессов.

13. Регулярная экспозиция увеличенного аэродинамического сопротивления дыханию в тренировке спортсменов способствует развитию функ-

циональной оптимизации и, в определенной мере, расширению функциональных возможностей, реализуемых как при выполнении мышечных нагрузок, так и в период восстановления, и сопровождается повышением экономичности функционирования без дополнительного напряжения регуляторных механизмов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные в исследовании результаты позволяют сделать следующие практические рекомендации:

1. Диагностику и оценку уровня функциональной реактивности и функциональной мобилизации у спортсменов рекомендуется осуществлять на протяжении всего многолетнего процесса адаптации к мышечной работе при физических нагрузках как стандартной, так и предельной мощностей, а также в течение восстановительного периода, а результаты контроля соотносить с возрастно-квалификационными нормативами.

2. В процессе комплексного контроля функциональной подготовленности спортсменов определение и оценку параметров функциональной реактивности и мобилизации рекомендуется дифференцировать в соответствии с их значением для обеспечения физической работоспособности организма при учете специфики различных видов спорта, характеризующихся различным паттерном локомоций.

3. В общей оценке функционального состояния и функциональной подготовленности спортсменов рекомендуется производить диагностику напряженности регуляторных механизмов посредством использования метода определения тесноты межпараметрических взаимосвязей.

4. Рекомендуется использовать дополнительные эргогенические средств в виде дыхания с увеличенным аэродинамическим сопротивлением

для повышения функциональной реактивности и мобилизации, повышения функциональных возможностей организма и оптимизации адаптационных механизмов в учебно-тренировочном процессе спортсменов, в процессе физического воспитания, в системе профессиональной подготовки человека к экстремальным условиям обитания и деятельности.

5. В процессе спортивной тренировки определение кругам тренирующих воздействий и методов их реализации у спортсменов различного уровня подготовленности и различной специализации рекомендуется осуществлять при контроле и учете динамики развития мобилизационных возможностей физиологических функций организма.

6. Результаты исследования рекомендуется использовать в учебном процессе вузов физической культуры по курсам «физиология спорта» и «спортивная медицина», при повышении квалификации и переподготовке тренеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян, Н.А. Оценка функционального состояния организма спортсмена в условиях измененной газовой среды / Н.А.Агаджанян, Н.П.Красников // Теория и практика физической культуры, 1985. – № 3. – С. 19-21.

2. Александрова, Н. П. Анализ утомления дыхательных мышц при резистивной нагрузке на фоне дыхания газовыми смесями с различным содержанием кислорода / Н. П. Александрова // Физиологический журнал. – 1992. – Т.8. – №3. – С. 89 – 98.

3. Артамонов, В.Н. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность / В.Н. Артамонов. - М., 1989. - 40 с.

4. Бальсевич, В. К. Контуры новой стратегии подготовки спортсменов олимпийского класса / В. К. Бальсевич // Теория и практика физической культуры. – 2001. – № 4. – С. 9 –10.

5. Бальсевич, В.К. Перспективы развития общей теории и технологий спортивной подготовки и физического воспитания (методологический аспект) / В. К. Бальсевич // Теория и практика физической культуры, 1999. – № 4. – С. 21 – 26, 39 – 40.

6. Барабанкина, Е. Ю. Методика стимуляции срочного восстановления у спортсменов, специализирующихся в беговых видах легкой атлетики: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.04 / Е. Ю. Барабанкина – Волгоград, 2013. – 21 с.

7. Бейли, Н. Статистические методы в биологии / Н. Бейли. – М.: Мир, 1964. – 271 с.

8. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.

9. Бреслав, И. С. Произвольное управление дыханием у человека / И. С. Бреслав. – Л.: Наука, 1975. – 152 с.

10. Бреслав, И. С. Факторы, ограничивающие работоспособность при добавочном сопротивлении дыханию / И. С. Бреслав, Г. Г. Исаев, А. В. Кочубеев // Физиология человека. – 1987. – Т.14. – №6. – С. 933 – 937.

11. Бреслав, И.С. Паттерны дыхания: Физиология, экстремальные состояния, патология / И.С. Бреслав.- Л. : Наука, 1984. - 205 с.

12. Булатова М.М. Теоретико-методические основы реализации функциональных резервов спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности/ М.М. Булатова: автореф. дис…. д-ра пед. наук: НУФВС. – Киев. – 1996. – 50 с.

13. Булатова М.М. Теоретико-методические аспекты реализации функциональных резервов спортсменов высшей квалификации // Наука в олимпийском спорте. - 1999. - Спец. вып. - С.33-50.

14. Булатова, М. М. Теоретико-методические основы реализации функциональных резервов спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности: дис. … д-ра пед. наук: 13.00.04 / М. М. Булатова. – Киев, 1996. – 50 с.

15. Буровых, А. Н. Методика комплексного подхода к изучению и использованию физических средств восстановления работоспособности спортсменов / А. Н. Буровых // Материалы Всесоюзного научного симпозиума. – М. – 1979. – С. 67 – 68.

16. Вазин, А. Н. Количественный анализ различных режимов интенсивной мышечной нагрузки / А. Н. Вазин, А. П. Сорокин, К. В. Судаков // Успехи физиологических наук. – 1978. – Т. 9. – № 3. – С. 133 – 148.

17. Варванин, В.Н. Физиологические и педагогические особенности повышения устойчивости организма студентов средствами физического воспитания к воздействию некоторых неблагоприятных факторов внешней среды / В.Н. Варванин // Актуальные проблемы физической культуры: Материа-

лы региональной науч. - практ. конф. – Ростов н/Д., 1995. – Т.4,Ч.2. – С. 81–83.

18. Васильева, В.В. Сосудистые реакции и работоспособность спортсменов/ В.В.Васильева // Теория и практика физической культуры, 1970, № 9, С. 23-25.

19. Верхошанский, Ю. В. Пути решения проблемы управления подготовкой спортсменов / Ю. В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1977. – № 6. – С. 7 – 10.

20. Верхошанский, Ю.В. Закономерности процесса становления спортивного мастерства / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры, 1966. – № 11. – С. 18 – 21.

21. Верхошанский, Ю.В. Закономерности функциональной специализации организма в ходе становления спортивного мастерства / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1970. – № 6. – С. 4 – 9.

22. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.

23. Виноградов, В. Специально направленная тренировка дыхательных мышц как средство повышения реализации функциональных возможностей квалифицированных спортсменов / В. Виноградов, Т. Томяк // Наука в Олимпийском спорте. – 2004. – №1. – С. 51 – 55.

24. Виноградов, В.Е. Изменение физиологической реактивности кардиореспираторной системы на сдвиги дыхательного гомеостазиса при применении комплекса средств предварительной стимуляции работоспособности / В.Е. Виноградов, Е.Н. Лысенко //Спортивная медицина. – 2005. – № 1. – С. 35-41.

25. Виноградов, В.Е. Основные факторы эффективности целевого использования мобилизационных внетренировочных средств в системе подготовки квалифицированных спортсменов / В. Е. Виноградов // Наука в олимпийском спорте. – 2007. -№1. – С. 74-82.

26. Виноградов, В.Е. Применение внетренировочных средств мобилизационного типа в зависимости от индивидуальных особенностей спортсменов / Виноградов В.Е., Лысенко Е.Н., Черторыжская А.В. // Спортивная медицина. – 2005. -№5. – С. 51- 60.

27. Виру, А.А. О влиянии умеренной гипоксемии и гиперкапнии на приспособление организма к мышечной работе / А. А. Виру, А. Ю. Паю, Э. А. Виру // Адаптация спортсменов к работе при разном кислородном режиме. – М.: Физкультура и спорт, 1969. – С. 57 – 63.

28. Виру, А.А. Гормоны и спортивная работоспособность / А.А. Виру, П.К. Кырге. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 159 с.

29. Виру, А.А. Функциональная устойчивость и физиологические резервы организма / А.А. Виру // Характеристика функциональных резервов спортсмена. – Л., 1982. – С. 8-11

30. Вишнякова, С.В. Совершенствование функциональных возможностей спортсменок на начальных этапах подготовки в художественной гимнастике: Учебно-методическое пособие/ С.В.Вишнякова, И.Н.Солопов, Б.М.Замов. - Волгоград: ВГАФК, 1998.- 56 с.

31. Власов, А.А. Специфические особенности функциональной устойчивости у спортсменов разного уровня адаптированности к мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. Наук. - Астрахань, 2013. - 22 с.

32. Вовк, С. И. Закономерности взаимодействия нагрузочных и разгрузочных фаз в спортивной тренировке / С. И. Вовк // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №5. – С. 63 – 65.

33. Волегов, В. П. Исследование методики применения дыхательных упражнений в подготовке юных пловцов: автореф. дис. ... канд. пед. наук / В. П. Волегов. – Л., 1970. – 22 с.

34. Волков, В.М. Предсоревновательная подготовка спортсменов / В.М. Волков, А.В. Ромашов. – Смоленск: СГИФК, 1991. – 107 с.

35. Волков, В.М. Тренировка и восстановительные процессы / В.М. Волков. – Смоленск: СГИФК, 1990.- 149 с.

36. Волков, Н. И. Перспективы биологии спорта в XXI веке / Н. И. Волков // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 5. – С. 14-18.

37.Волков, Н. И. Проблемы эргогенных средств и методов тренировки в теории и практике спорта высших достижений / Н. И. Волков, Ю. М. Войтенко, Р. В. Тамбовцева, Б. А. Дышко // Теория и практика физической культуры, 2013. – № 8. – С. 68 – 72.

38. Волков, Н. И. Эффективность интервальной гипоксической тренировки при подготовке конькобежцев высокой квалификации / Н. И. Волков, Б. А. Стенин, С. Ф. Сокунова // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 3. – С. 8 – 13.

39. Волков, Н.И. Биоэнергетика. Энергетическая характеристика физических упражнений/ Н.И.Волков, И.А.Савельев. – Л.:ГДОИФК им. Л.Ф. Лесгафта, 1973. – с.18-30.

40. Воскресенский, С.А. Функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов разного уровня адаптированности к специфической мышечной деятельности/С.А.Воскресенский: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2011. – 22 с.

41.Гандельсман, А. Б. Специализация функций и показатели тренированности спортсменов / А. Б. Гандельсман, Н. В. Забелло, А. М. Хутов // Физиология, морфология, биомеханика и биохимия мышечной деятельности: тез. докл. XII всес. научн. конф. – Львов, 1972. – С. 10 – 17.

42. Гедымин, М. Ю. Об интегральной оценке функционального состояния организма / М. Ю. Гедымин, Д. К. Соколов, И. С. Кандор и др. // Физиология человека. – 1988. – Т. 14. – № 6. – С. 957 – 963.

43. Генин, А.М. Биоэтические правила проведения исследований на человеке и животных в авиационной, космической и морской медицине /

А.М. Генин [и др.] //Авиакосмическая и экологическая медицина.- 2001. - Т. 35. - №4. - С. 14-20.

44. Голубев, В.Н. Возможные пути мобилизации физиологических резервов в системе управления движением человека / В.Н. Голубев, Д.Н. Давиденко // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена. – Л., 1984. - С. 91-97.

45. Горанчук, В. В. Опыт применения гипоксической тренировки для повышения спортивных результатов штангистов / В. В. Горанчук, И. Н. Сапова, А. О. Иванова // Hypoxia Med. J. – 1996. – № 2. – С. 81 – 87.

46. Горбанева, Е.П. Качественные характеристики функциональной подготовленности спортсменов / Е.П. Горбанёва. – Саратов: «Научная Книга», 2008.- 145 с.

47. Горбанева, Е. П. Физиологические механизмы и характеристики функциональных возможностей организма человека в процессе адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. … д-ра мед. наук: 03.03.01 / Е. П. Горбанева. – Волгоград, 2012. – 48 с.

48. Горбанёва, Е.П. Повышение функциональных возможностей организма на основе использования направленных воздействий на дыхательную систему / Е.П. Горбанёва, А.И. Солопов, С.С. Ганзей, В.В. Чёмов // Управление функциональным состоянием организма человека. – Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2008. - С.39-44.

49. Горбанёва, Е.П. Влияние курса тренировок с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыханию на энергетический компонент функциональной подготовленности спортсменов-акробатов / Е.П.Горбанёва, М.В.Лагутина // Физическое воспитание и спортивная тренировка, 2011.– № 1. – С. 121-123.

50. Горбанёва, Е.П. Динамика показателей качественных характеристик функциональной подготовленности спортсменов и их взаимосвязей в результате тренировки с увеличенным аэродинамическим сопротивлением дыха-

нию / Е.П. Горбанёва // Проблемные вопросы функциональной подготовки спортсменов. – Волгоград: ВГАФК, 2011. - С. 18-28.

51. Горбанёва, Е.П. Оценка влияния курса тренировок с дополнительным эластическим сопротивлением дыханию на параметры функциональной мощности спортсменов / Е.П. Горбанёва, М.В.Лагутина // Физиологические аспекты функциональной подготовки в физическом воспитании и спортивной тренировке. – Волгоград: ВГАФК, 2010. – С. 28-33.

52. Горожанин, В.С. Нейрофизиологические и биохимические механизмы физической работоспособности / В. С. Горожанин // Методологические проблемы совершенствования системы спортивной подготовки квалифицированных спортсменов. – М., 1984. – С. 165 – 199.

53. Гриценко, С. Л. Развитие выносливости у бегунов на средние дистанции на основе потенцирования воздействий физических нагрузок при использовании дополнительных эргогеничексих средств: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С. Л. Гриценко. – Волгоград. – 2012. – 21с.

54. Гулбиани, Т.И. Факторная структура физической работоспособности младших школьников: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Гулбиани Тристан Ираклиевич – Тбилиси, 1991. – 20 с.

55. Гулида, О.М. Аэробная экономичность в факторной структуре функциональной подготовки спортсменов / О.М. Гулида,// Мед. пробл. физ. культуры.- Киев, 1986.- № 10.- С. 79 - 81.

56. Давиденко, Д.Н. Интеграция функциональных резервов как показатель адаптированности организма к мышечной деятельности // 5-й Всесоюзный симпозиум «Эколого-физиологические проблемы адаптации». – М.: [б.и.], 1988. – С. 68-70.

57. Давиденко, Д.Н. Особенности интеграции функциональных резервов организма, мобилизуемых при мышечной деятельности по мере достижения спортивного мастерства // Межфункциональные взаимоотношения при

адаптации организма к спортивной деятельности : межинститутский сб. науч. тр. – Л. : [б.и.], 1991. – С. 38-43.

58. Давиденко, Д.Н. Проблема резервов адаптации организма спортсмена/ Д.Н.Давиденко // Ученые записки университета им. П.Ф.Лесгафта, 2005. - №18. - С. 15-24.

59. Давиденко, Д.Н. Функциональные резервы адаптации организма человека // Социальная физиология: учеб. пособие. – М.: [б.и.], 1996. – С. 126-135.

60. Зациорский, В. М. Основы спортивной метрологии / В.М. Зациорский. — М.: Физкультура и спорт, 1979. – 81 с.

61. Зациорский, В. М. Спортивная метрология / под общ. ред. В. М. Зациорского. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.

62. Ивойлов, А.В. Средства и методы обеспечения функциональной устойчивости точностных движений в спортивной деятельности: автореф. дис. ... док. пед. наук: 13.00.04 / А.В. Ивойлов, – Малаховка, 1987. – 51 с.

63. Исаев, А. П. Корреляционный анализ отдельных показателей кардиореспираторной системы для выявления стресс-состояний / А. П. Исаев, Е. В. Быков, С. А. Кабанов // Теория и практика физической культуры, 1997.– № 9. – С. 14 – 16.

64. Каминский, Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных / Л.С. Каминский. – М.: Медицина. – 1964. – 252 с.

65. Карпман, В.Л. Методы определения и оценка физической работоспособности у футболистов / В.Л. Карпман [и др.]. – Методические рекомендации. – М., 1977. – 23 с.

66. Карпман, В.Л. Непрямое определение максимального потребления кислорода у спортсменов высокой квалификации / В.Л. Карпман, И.А. Гудков, Г.А. Койдинова. // Теория и практика физической культуры. – 1972. – № 1. –- С. 37 – 41.

67. Карпман, В.Л. Спортивная медицина: учеб. для ин-тов физ. культ. / В.Л. Карпман. – М.: Физкультура и спорт,, 1987. – 304 с.

68. Кизько, А. П. Теоретические и методические основы функциональной подготовки спортсменов: (на примере лыжных гонок) / А. П. Кизько. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 251 с.

69. Ким, М. Г. Исследование эффективности физических средств восстановления после тренировочных нагрузок различной интенсивности: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.04 / М. Г. Ким. – М., 2005. – 26 с.

70. Клесов, И.А. Личностные факторы эффективности и надежности соревновательной деятельности юных футболистов / И.А. Клесов, О.В.Дашкевич // Теория и практика физ. культуры. – 1993. – N 2. – С. 19-20.

71.Комаров, А. П. Методика использования нетрадиционных средств восстановления в подготовке юных футболистов: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.04 / А. П. Комаров. – Волгоград, 2003. – 22 с.

72. Комаров, А.П. Влияние использования средств срочного восстановления на физическую работоспособность и динамику функционального состояния футболистов/ А.П.Комаров // Физическое воспитание и спортивная тренировка, 2012. – № 1 (3). – С. 6-11.

73. Конопкин, О.А. Определение индивидуально-типологических различий по основным свойствам нервной системы у спортсменов игровых видов спорта/ О.А. Конопкин, В.В.Медведев, Ю.П.Парашин. // Метод. рекомендации.- М.: ГЦОЛИФК, 1988.- 30 с.

74. Корженевский, А.Н. Новые аспекты комплексного контроля и тренировки юных спортсменов в циклических видах спорта/ А.Н.Корженевский, П.В. Квашук, Г.М.Птушкин // Теория и практика физической культуры, 1993.- № 8.- С. 28-33.

75. Корягина, Ю.В. Физиологические эргогенные средства: Современные тенденции применения в подготовке спортсменов / Ю.В. Корягина, Е.А. Реуцкая, Л.Г. Рогулева, С.В. Нопин// Теория и практика

физической культуры, 2015. – №2. – С. 14-17.

76.Крестовников, А. Н. Очерки по физиологии физических упражнений/ А. Н. Крестовников. – М.: Физкультура и спорт, 1951. – 531 с.

77. Кучкин, С.Н. Применение гиперкапнических смесей для повышения работоспособности спортсменов / С.Н.Кучкин, В.А. Лукин, В.Ю. Матренин, С.П. Носенко, В.К.Гавриков // Диагностика и методы повышения функциональной подготовленности спортсменов.- Волгоград, 1980.- С. 112 - 123.

78. Кучкин, С. Н. Аэробная производительность и методы ее повышения / С. Н. Кучкин, С. А. Бакулин. – Волгоград, 1985. – 127 с.

79. Кучкин, С. Н. Биоуправление в физической культуре и спорте / С. Н. Кучкин, В. Б. Авдиенко, И. Н. Солопов и др. // Физическая культура, спорт и здоровье нации: мат. международного конгресса, 12 – 15 июня 1996 г. – СПб, 1996. – С. 184.

80. Кучкин, С. Н. Дыхательные упражнения в спорте / С.Н. Кучкин. – Волгоград, 1991. – 48 с.

81. Кучкин, С. Н. Резервы дыхательной системы (обзор и состояние проблемы) / С. Н. Кучкин // Резервы дыхательной системы. – Волгоград, 1999. – С. 7 – 51.

82. Кучкин, С. Н. Резервы дыхательной системы и аэробная производительность организма: автореф. дис. ... докт. мед. наук / С.Н. Кучкин. – Казань, 1986. – 48 с.

83. Кучкин, С.Н. Биоуправление в медицине и физической культуре // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 10. – С.41-44.

84. Кучкин, С.Н. Биоуправление в медицине и физической культуре /С.Н.Кучкин // Теория и практика физической культуры. - 1997. - № 10.- С.41-44.

85. Кучкин, С.Н. Биоуправление в медицине и физической культуре. – Волгоград: ВГАФК, 1998. – 155 с.

86. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

87. Летунов, С.П. О некоторых путях повышения функциональных возможностей организма в процессе спортивной тренировки / С.П. Летунов // Теория и практика физической культуры. – 1967. – № 12. – С. 34 – 38.

88. Лупанов, А.И. Влияние дополнительного "мертвого" пространства на функциональное состояние и умственную работоспособность аквалангистов / А. И. Лупанов, А. А. Боченков // Физическая культура, спорт и здоровье нации. – СПб., 1996. – С. 200 – 206.

89. Лысенко Е. Н. Ключевые направления оценки реализации функциональных возможностей спортсменов в процессе спортивной подготовки / Е. Н. Лысенко // Наука в олимпийском спорте, 2006. – № 2. – С. 70–77.

90. Майлс, С. Подводная медицина / С. Майлс. – М.: Медицина, 1971.- 328 с.

91. Макаренко Н.В., Березовский В.А., Майдиков Ю.Л., Киенко В.М., Кольченко Н.В. Исследование наследственной обусловленности некоторых показателей нейродинамических и психомоторных функций, а также личностных особенностей человека // Физиологический журнал. - 1987. - Т.33, №2. - С.3-9.

92. Мартиросов, Э.Г. Морфологические особенности футболистов высокой квалификации разных амплуа/ Э.Г.Мартиросов, А.Б.Рамин-Балучи // Теория и практика футбола, 2004. - № 3 (23). – С. 27-32.

93. Медведев, Д. В. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность человека в процессе многолетней адаптации к специфической мышечной деятельности: автореф. дис. … канд. биол. наук / Д. В. Медведев. – Москва, 2007. – 24 с.

94. Медведев, Д.В. Оценка влияния курса тренировок с дополнительным резистивным сопротивлением дыханию на показатели физической работоспособности человека/ Д.В.Медведев, Е.П.Горбанева, С.Н.Юматова, Т.Ю.

Кузнецова, И.Н. Солопов, В.П. Катунцев // Авиакосмическая и экологическая медицина, 2007. – Т. 41. – № 3. – С. 14-18.

95. Медведев, Д.В. Функциональная специализация организма спортсменов / Д.В. Медведев, Е.П. Горбанёва, И.Н. Солопов // Управление функциональным состоянием организма человека. – Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2008. – С. 20–33.

96. Меерсон, Ф. З. Основные закономерности индивидуальной адаптации/ Ф.З.Меерсон // Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – С. 10-76.

97. Меерсон, Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии / Ф. З. Меерсон // Физиология адаптационная процессов. – М.: Наука, 1986. – С. 224 – 248.

98. Меерсон, Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон. – М.: Наука, 1981. – 278 с.

99. Михайлов, В. В. Дыхание спортсмена / В. В. Михайлов. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 103 с.

100. Мищенко, В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В. С. Мищенко, Е. Н. Лысенко, В. Е. Виноградов. – К. : Науковий світ, 2007. – 350 с.

101. Мищенко, В.С., Павлик, А.И., Дяченко, В.Ф. Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спортсменов: Методическое пособие – Киев: ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.

102. Мищенко, В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте: монография / В. С. Мищенко, Е. Н. Лысенко, В. В. Виноградов. – Киев: Науковий світ, 2007. – 351 с.

103. Мищенко, В. С. Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спорт-

сменов / В. С. Мищенко, А. И. Павлик, В. Ф. Дьяченко. – Киев: ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.

104. Мищенко, В. С. Функциональные возможности спортсменов / В. С. Мищенко. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.

105. Мищенко, В.С. Автоматизированная диагностика функциональных возможностей спортсменов на основе физиологических критериев / В.С. Мищенко // Научно-спортивный вестник. - 1986. -№ 3. - С. 21 - 25.

106. Мищенко, В.С. Свойства регуляции кислородтранспортной системы как отражение функционального потенциала организма спортсменов / В.С. Мищенко // Медико-биологические основы оптимизации тренировочною процесса в циклических видах спорта.— К.: КГИФК, 1980 — С. 108 — 133.

107. Мозжухин, А.С. Пути изучения физиологических резервов у спортсменов/ А.С.Мозжухин // Совершенствование научных основ физического воспитания и спорта. – Л., 1981. – С. 156-157.

108. Моногаров, В.Д. Утомление в спорте / В.Д. Моногаров, – К.: Здоровья, 1986. – 120 с.

109. Москатова, А.К. Физиологические механизмы адаптации и развития тренированности / А.К. Москатова. – М.: ГЦОЛИФК, 1990. - 48 с.

110. Мотылянская, Р.Е. Методологические основы определения физической работоспособности у юных спортсменов / Р.Е.Мотылянская, В.Н. Артамонов // Теория и практика физической культуры, 1982.- № 9.- С. 24-27.

111. Павлов, С. Е. Адаптация / С. Е. Павлов. – М.: Паруса, 2000. – 282 с.

112. Павлов, С. Е. Адаптация / С. Е. Павлов. – М.: Паруса, 2000. – 282 с.

113. Павлов, С. Е. Адаптация как физиологическая основа спортивной тренировки / С. Е. Павлов // Вестник физической культуры. – 2004. – №1 (7). – С. 52 – 58.

114. Павлов, С.Е. Основы теории адаптации и спортивная тренировка / С.Е.Павлов // Теория и методика физической культуры, 1999. - № 1. - С. 12-17.

115. Павлова, Т.Н. К созданию технологий подготовки квалифицированных спортсменов / Мат. международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию образования СГАФКСТ (сборник научных статей). Ч.I. / Т.Н.Павлова, А.С.Павлов, С.Е.Павлов, П.В.Юшина. – Смоленск, СГАФКСТ, 2010. – С. 172-174.

116. Петрухин, В.Г. Морфологические основы функциональной подготовленности спортсменов / В.Г. Петрухин // Медико-биологические проблемы спортивной тренировки. – М., 1985. – С. 23 - 33.

117. Платонов, В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 584 с.

118. Платонов, В.Н. Адаптация в спорте / В.Н. Платонов. – Киев: Здоровья, 1988. – 216 с.

119. Платонов, В.Н. Теория и методика спортивной тренировки / В.Н. Платонов. – Киев: Вища школа, 1984. – 352 с.

120. Сверчкова, В.С. Влияние кратковременных повторяющихся гипоксически-гиперкапнических воздействий на функциональные возможности дыхательной и сердечно-сосудистой систем человека / В.С.Сверчкова, Р.И.Любомирская, Р.А.Табанова // Изв. АН Каз. ССР, 1982.- N 3.- С. 68 - 72.

121. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме. / Г.Селье // М., 1960. - 254 с.

122. Селье, Г. Стресс без дистресса/ Г.Селье. – М.: Прогресс, 1982, 127с.

123. Селье, Г. На уровне целого организма. / Г.Селье // М., 1972. - 122с.

124. Сентябрёв, Н.Н. Оптимизация функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов/ Н.Н.Сентябрёв, И.Н.Солопов,

А.Г.Камчатников, Н.В.Серединцева. – Монография. – Волгоград. – 2004. – 106 с.

125. Солодков, А.С. Адаптация в спорте: состояние, проблемы, перспективы// Физиология человека, 2000. – Т.26, №6. – С.87–93.

126. Солодков, А. С. Повышение резервов адаптации к физическим нагрузкам с помощью резистивной тренировки вентиляторного аппарата / А. С. Солодков, А. Б. Савич // Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. – Тверь, 1991. – С. 70 –78.

127. Солодков, А. С. Физиологические основы адаптации к физическим нагрузкам: лекция / А. С. Солодков. – Л., 1988. – 39 с.

128. Солодков, А.С. Адаптация, функциональные системы и физиологические резервы организма/ А.С.Солодков // Системные механизмы адаптации и мобилизации функциональных резервов организма в процессе достижения высшего спортивного мастерства. – Л., 1987. – С. 5-12.

129. Солодков, А.С. Физиологические аспекты адаптации моряков/ А.С.Солодков. - Л., 1981.- 46 с.

130. Солодков, А.С. Физическая работоспособность спортсмена / А.С. Солодков. – СПб., 1995. – 43 с.

131. Солопов, И.Н. Оптимизация адаптации организма посредством направленных воздействий на дыхательную функцию // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология», 2013. – Вып. 29. – № 2. – С. 241–249.

132. Солопов, И.Н. Методологические и технологические основы интеграции нетрадиционных эргогенических средств в тренировочный процесс спортсменов/ И.Н. Солопов, А.И. Шамардин // Физическое воспитание и спортивная тренировка, 2015. – №2. – С. 20–28.

133. Солопов, И. Н. Оптимизация функциональной подготовленности человека посредством дыхания с сопротивлением при мышечных нагрузках / И. Н. Солопов, Л. В. Иванов, А. П. Герасименко // Пути оптимизации функ-

ции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. – Тверь, 1993. – С. 98 –105.

134. Солопов, И. Н. Произвольный контроль дыхания в тренировочной и соревновательной деятельности пловцов / И. Н. Солопов, Е. С. Садовников. – Волгоград: ВГАФК, 2000. – 32 с.

135. Солопов, И. Н. Способность человека оценивать и управлять основными параметрами функции дыхания: автореф. дис… д-ра биол. наук: 13.00.01 / И. Н. Солопов. – Москва, 1996. – 40 с.

136. Солопов, И. Н. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов / И. Н. Солопов, Е. П. Горбанёва, В. В. Чёмов и др. – Волгоград: ВГАФК, 2010. – 346 с.

137. Солопов, И. Н. Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека / И. Н. Солопов – Волгоград, 2004. – 220 с.

138. Солопов, И. Н. Функциональная подготовка спортсменов / И. Н. Солопов, А. И. Шамардин. – Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2003. – 263 с.

139. Солопов, И. Н. Функциональная подготовленность и функциональная подготовка спортсменов/ И. Н. Солопов // Проблемы оптимизации функциональной подготовленности спортсменов. – Волгоград, 2007. – Вып. 3. – С. 4 –12.

140. Солопов, И. Н. Функциональные свойства подготовленности спортсменов и их оптимизация / И. Н. Солопов, Н. Н. Сентябрев, Е. П. Горбанева. – Волгоград, 2009. – 183 с.

141. Солопов, И.Н. Адаптация к физическим нагрузкам и физическая работоспособность спортсменов: учебное пособие / И.Н. Солопов. -– Волгоград. – ВГАФК, 2001. – 80 с

142. Солопов, И.Н. Восприятие и произвольный контроль основных параметров внешнего дыхания у человека: Монография/ И.Н.Солопов. – Волгоград, 1998. – 184 с.

143. Солопов, И.Н. Дыхание при спортивном плавании / И.Н. Солопов. – Волгоград, 1988. – 52 с.

144. Солопов, И.Н. Дыхательные тренажеры: учебно-методическое пособие / И.Н. Солопов. – Волгоград: ВГАФК, 1999. – 40 с.

145. Солопов, И.Н. Оптимизация функциональной подготовленности спортсменов посредством направленных воздействий на дыхательную функцию/ И.Н.Солопов, С.В.Дубровский, А.П.Комаров, И.Н.Ноокщенов // Тенденции развития спорта высших достижений и стратегия подготовки высококвалифицированных спортсменов в 1997-2000 гг.- Мат. Всерос. научно-практич. конференции.- М., 1997.- С. 333-339.

146. Солопов, И.Н. Соотношение объемно-временных параметров внешнего дыхания у спортсменов различной квалификации и специализации/ И.Н.Солопов, А.И.Солопов // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология», 2013. – Вып. 29. – № 2. – С. 250-256.

147. Солопов, И.Н. Физиологические аспекты функциональной подготовленности спортсменов / И.Н.Солопов, Е.П.Горбанева // Физиологические аспекты функциональной подготовки в физическом воспитании и спортивной тренировке. – Волгоград: ВГАФК, 2010. – С. 3-18.

148. Солопов, И.Н. Физиология спортивного плавания: учебное пособие / И.Н. Солопов, С.А. Бакулин. - Волгоград, 1996 .- 84 с.

149. Солопов, И.Н. Функциональная экономизация у спортсменов различной специализации / И.Н. Солопов [и др.] // Проблемы оптимизации функциональной подготовленности спортсменов. – Волгоград, 2007. – Вып. 3. - С. 45 - 56.

150. Студеникина, Н.Н. Изучение некоторых показателей внешнего дыхания и фаз систолы у спортсменов-бегунов при гипоксической тренировке / Н.Н.Студеникина, Е.П.Борисов // Вопр. физ. культуры и совершенствования учебного процесса. – Волгоград, 1969. – С. 219 – 221.

151. Судаков, К. В. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса / К. В. Судаков, О. П. Тараканов, Е. А. Юматов // Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – № 3. – С. 87 – 95.

152. Судаков, К.В. Общая теория функциональных систем/ К.В.Судаков. – М.: Медицина, 1984. – 224 с.

153. Суслов, Ф. П. Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства: автореф. дис. … д-ра пед. наук: 13.00.04 / Ф. П. Суслов. – М., 1983. – 48 с.

154. Суслов, Ф. П. Подготовка спортсменов в горных условиях / Ф. П. Суслов, Е. Б. Гиппенрейтер. – М.: Терра – Спорт, 2000. – 174 с.

155. Суслов, Ф. П. Спортивная тренировка в условиях среднегорья/ Ф.П.Суслов. – М.: 1999. – 202 с.

156. Талышев, Ф. М. Особенности применения средств восстановления в тренировке легкоатлетов / Ф. М. Талышев // Совершенствование управления системой подготовки квалифицированных спортсменов. – М.: ВНИИФК, 2003. – С. 146 – 162.

157. Тихонов, М.А. О физиологических механизмах, лимитирующих внешнее сопротивление дыханию/ М.А.Тихонов, Н.М. Асямолова // Космич. биол, 1986. – Т.20. – № 3. – С. 45-50.

158. Тхань, Фам Чонг (к. п. н.). Исследование значения экономизации в тренировке пловцов: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Фам Чонг Тхань. - М., 1970. - 21 с.

159. Уильямс, М., Эргогенные средства в системе спортивной подготовки / М. Уильямс. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 255 с.

160. Урбах, В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях/ В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 295 с.

161. Фарфель, В.С. Тренировка в условиях дыхания через дополнительное «мертвое» пространство / В.С.Фарфель, М.А.Артыков, Б.О.Яхонтов // Теория и практика физической культуры. - 1968.- № 9.- С. 22-23.

162. Фомин, В.С. Структура функциональной подготовленности спортсмена / В.С. Фомин // Медико-биологические проблемы спортивной тренировки. - М., 1985. - С. 48 - 58.

163. Фомин, В.С. Физиологические основы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов: учебное пособие / В.С. Фомин.- М.: МОГИФК, 1984.- 64 с.

164. Фомин, Н.А. Физиология человека / Н.А.Фомин. – М: Просвещение: Гкманит. изд. центр «ВЛАДОС», 1995. – 401 с.

165. Фудин, Н. А. Физиологическая целесообразность произвольной регуляции дыхания у спортсменов / Н. А. Фудин // Теория и практика физической культуры, 1983. – № 2. – С. 21 – 25.

166. Харитонова, Л.Г. Теоретические и экспериментальное обоснование типов адаптации в спорте/ Л.Г.Харитонова // Теория и практика физической культуры. – 1991. – №7. – С.21-24.

167. Харитонова, Л.Г. Адаптация к физическим нагрузкам спортсменов игровых видов спорта на этапе спортивного совершенствования (на примере футбола, хоккея, бадминтона)/ Л.Г.Харитонова, А.В.Шемердяк, Ю.В.Шкляев. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2005. – 126 с.

168. Чемов, В.В. Методологические и технологические основы интеграции двигательных заданий и регламентированных режимов дыхания эргогенического воздействия в тренировке квалифицированных легкоатлетов: автореф. дис. ... док. пед. наук: 13.00.04 / В.В. Чемов. – Волгоград, 2014. - 48 с.

169. Чёмов, В.В. Методология и технология интеграции тренирующих воздействий и эргогенических средств в различных видах легкой атлетики: монография / В.В. Чёмов. – Волгоград: ФГБОУ ВПО «ВГАФК». – 2013. – 318с.

170. Чёмов, В.В. Тренировка спортсменов с интервальными резистивно-респираторными нагрузками / В.В. Чёмов, С.Л. Гриценко, Е.П. Горбанёва,

А.И. Солопов // Ученые записки университета им. П.Ф.Лесгафта, 2011. - №3 (73). - С. 198-203.

171. Шамардин, А.А., Солопов, И.Н. Функциональные аспекты тренировки спортсменов // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10 (ч. 13). - С. 2996-3000.

172. Шамардин А.А., Таможников Д.В., Солопов И.Н. Дифференцированное использование регламентированных режимов дыхания в разные периоды тренировочного цикла юных футболистов // Фундаментальные исследования. – 2013. – №11 (ч.2). – С. 329-335.

173. Шамардин, А. И. Оптимизация функциональной подготовленности футболистов / А. И. Шамардин. – Волгоград, 2000. – 276 с.

174. Шамардин, А.А. Применение эргогенических средств в подготовке спортсменов / А. А. Шамардин, В. В. Чёмов, А. И. Шамардин, И. Н. Солопов. – Саратов: Научная книга, 2008. – 209 с.

175. Шамардин, А.А. Целевая функциональная подготовка юных футболистов/ А. А. Шамардин. – Монография. – Волгоград, 2009.- 264 с.

176. Яковлев, Н.Н. Химия движений. Молекулярные основы мышечной деятельности/ Н.Н. Яковлев. - Л.: Наука, 1983.—191 с.

177. Яхонтов, Б. О. Влияние дополнительного «мертвого» пространства на дыхательную функцию человека в покое и при мышечной работе: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Б. О. Яхонтов. – М., 1971. – 33 с.

178. Яхонтов, Б. О. Влияние непроизвольной гипервентиляции во время тренировки на функциональные возможности организма спортсмена / Б. О. Яхонтов // Физиологическое обоснование тренировки. – М.: Физическая культура и спорт, 1969. – С. 10 – 15.

179. Belman, V.J. Targeted resistive ventilatory muscle training in chronic obstructive pulmonary disease / V.J. Belman, R. Shadmehr // J. Appl. Physiol. – 1988. – V. 65. – №.6. – P. 226 – 235.

180. Berglund, B. High–altitude training. Aspects of haematological

adaptation / B. Berglund // Sports Med. – 1992. – Vol. 14(5). – P. 289–303

181. Berlman, V. J. Ventilatory muscle training in the elderly / V. J. Berlman, A. Gaesser // J. Appl. Physiol. – 1988. – V. 64. – N. 3. – P. 899 – 905.

182. Boening, D. Altitude and hypoxia training — a short review /D. Boening// Int. J. Sports Med. - Stuttgart. - 1997. - V. 18. - P. 565—570.

183. Bonetti, D. L. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis / D. L. Bonetti, W. G. Hopkins // Sports Med. – 2009. – Vol. 39(2). – P. 107–127.

184. Boning, D. Altitude and hypoxia training-a short review / D. Boning // Sports Med – 1997. – Vol. 18(8). – P. 565–570.

185. Bouchard, C. Genetics of aerobic power and capacity. Sport and human genetics. Human Kinetics/ C. Bouchard, R. W. Malina.- Champain,1986. – 224 p.

186. Boutellier, U. The respiratory system as an endurance limiting factor / U. Boutellier, P. Piwko // 31 Int. Congr. Physiol. Sei., Helsinki, 9 – 14 July, 1989: Abstr. – Oulu, 1989. – 437 p.

187. Braudley, M. E. Ventilatory muscle training and the oxygen cost of sustained hyperpnea / M.E. Braudley, D.E. Leith // J. Appl. Physiol., 1978. – V.45. – №6. – P. 885 – 892.

188. Capelli, C. Energetic of Swimming at Maximal Speeds in Humans / C. Capelli, D. R. Pendergast, B. Termin // Appl Physiol. – 1998. – Vol. 78. – P. 385 – 393.

189. Craig, N.P. Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance / N. P. Craig et. al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 1993. – 67. – P.150-158.

190. D’Urzo, A. D. Influence of supplemental oxygen on the physiological response to the PO2 aerobic exercise / A. D. D’Urzo, F. L. W Liu, A. S Rebuck // Med. Sci. Sports Exerc. – 1986. – V. 18. – P. 211 – 215.

191. Grimby, G. Respiration as a limiting factor of working capacity / G. Grimby [a.o.] // Pneumonologie, 1976. - Bd 5. - P. 11.

192. Hagerdal, M. Influence of changes in arterial PCO_2 on cerebral blood flow and cerebral energy state during hypotermia in the rate / M.Hagerdal, I.R.Harp, B.K.Suko // Acta anaesthesiol scand, 1975.- V. 19.- N 57.- P. 25 - 33.

193. Hagerman F.C. Energy metabolism and fuel utilization // Med. Sci. in Sports Exerc., Madison. - 1992. - Vol.24, №9. - P.309-314.

194. Harber, P. Effects of exercise using industrial respirators / P. Harber, J. Tamimie, J. Emory, A. Bhattacharya, M. Barber // Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., 1984. – №9. – P. 603 – 609.

195. Haverkampf, H. Altitude training; does it enhance sea–level endurance performance / H. Haverkampf // Proceedings of the 2nd Annual Symposium of Sport Science, Flagstaff, Nothern Arisona University, 18–20 February 1999. – Arisona, 1999. – P. 36–43.

196. Holmer, I. Oxygen uptake during swimming in man/ I.Holmer // J. Appl. Physiol., 1972.- V. 33.- P. 507-509.

197. Holmer, I. Physiology of swimming man / I. Holmer // Acta hysiol. Scand., 1974.- V. 91.- Suppl. N 407.- 55 pp.

198. Kay, B. Hyperoxia during recovery improves peak power during repeated wingate cycle performance/ B. Kay, S.R. Stannard, R.H. Morton// Brazilian Journal of Biomotricity. – 2008. – V.2; I. 2; P. 92-100.

199. Kim, M.J. Respiratory muscles training: implications for patient care / M.J. Kim // Heart and Lung, 1984. – V. 13. – № 4. – P. 333 – 340.

200. Leith, D. E. Ventilatory muscle strength and endurance training / D.E. Leith, M. Bradley // J. Appl. Physiol., 1976. – V.41. – №4. – P. 508 – 516.

201. Leith, D.E. Ventilatory muscle training and ventilatory control / D.E. Leith, B. Philip, R. Gabel, H. Feldman, V. Fencl // Amer. Rev. Respirrat. Disease, 1979. – V. 119. – 2. – Part 2. – P. 99 – 100.

202. Lopata, M. Diaphragmatic EMG and occlusion pressure responce to elastic loading during CO2 rebreathing in humans / M. Lopata, J.L. Pearle //

J.Appl. Physiol.: Respir. Environ. and Exercise Physiol., 1980. – 49. – № 4. – P. 669 – 675.

203. Mc Ardle W.D., Katch F.I., Katch V.L. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance / Dynamics of Pulmonary Ventilation. - USA: Williams & Wilkins, 1996. - P. 249-265.

204. Mines, A. H. Respiratory Physiology/ A. H. Mines. - New York: Raven Press, 1993. - 182 p.

205. Morrow J.R., Jackson A.W., Disch J.G., Mood D.P. Measurement and evalution in Human Performance // Human Kinetics Publishers, 1995. - 416 p.

206. Ohkuwa, T. Ventilatory response to hepercapnia in sprint and long-distance swimmers / T.Ohkuwa, N.Fujitsuka, T.Utsuno, M.Miyamura // Eur. J. Appl. and Occup. Physiol., 1980.- Vol. 43.- N 3.- P. 235-241.

207. Pardy, R. The effects of inspiratory muscle training on exercise performance in chronic airflow limitation / R. Pardy, R. Rivington, P. Despas et al. // Am. Rev. Dis., 1981. – V. 123. – N 3. – P. 426 – 433.

208. Pengelly, L.D. Effect of added elastances on the first loaded breath in man / L.D. Pengelly, J. Greener, I. Bowmer, A. Luterman, J. Milic-Emili // J. Appl. Physiol., 1975. – V. 38. – N 1. – P. 39 – 43.

209. Peress, L. Ventilatory muscle training in obstructive lung disease / L. Peress C.R. Woolf, N. Zamel // Bull. Eur. Physiopathol. Respirrat., 1979. – V. 15. – №1. – P. 93 – 94.

210. Rogers, D.M. Scaling for the VD2 to body size relationship among children and adults/ D. M. Rogers, B. L. Olson, J. H. Wilmore// J. of Appl. Physiol., 1995. – N79. – P.493-497.

211. Sackner, J. D. Effects of breathing through external dead space on ventilation at rest and during exercise / J. D. Sackner, A. J. Nixon, B. Davis, N. Atkins, M. A. Sackner // Amer. Rev. Respirat. Disease., 1980. – V.122. – №6. – P. 933 – 940.

212. Schutz, R.W. Sampling theory and procedure/ R.W. Schutz // Exercise and Sport Sciences Reviews, 1973.- V.1.- P. 365-392.

213. Sjostrand, T. Changes in the Respiratory organs of workmen at one oresmelding work / T. Sjostrand // Acta Med. Scand., 1947, Suppl. 196/ - P. 687-699.

214. Sonne, L. J. Increased exercise performance in patients with severe COPD following inspiratory resistive training / L. J. Sonne, J. A. Davis // Chest, 1982. – V. 81. – N 4. – P. 436 – 439.

215. Stainaker, J. Physiological Aspects of Training in Rowing/ J. Stainaker // Int. J. Sports Med. – 2002. – 14. – P.3-10.

216. Stellingwerff, T. Hyperoxia decreases muscle glycogenolysis, lactate production, and lactate efflux during steady-state exercise/ T. Stellingwerff, P.J. Leblanc // Hollidge Am J Physiol Endocrinol Metab. – 2006. – 290. – P. 1180-1190.

217. Suchy, J. The effect of inhaling concentrated oxygen on performance during repeated anaerobic exercise/ J.Suchy, J. Heller, V. Bunc// Biol. Sport. – 2010. – 27. – P. 169-175.

218. Tipton, C.M. Exercise, training and hypertension/ C. M. Tipton // Exercise and Sport Sciences Reviews, 1991. – P.447-505.

219. Truijens, M. J. Altitude and hypoxic training in swimming / M. J. Truijens, F.A. Rodríguez. URL: http://www.researchgate.net/publication/234015317-Altitude-and-hypoxic-raining-in-swimming. Дата обращения 20.10.13. – Яз. англ.

220. Truijens, M. J. Effect of high–intensity hypoxic training on sea-level swimming performances / M. J. Truijens, H. M. Toussaint, J. Dow et al. // Appl. Physiology. – 2003. – Vol. 94(2). – P. 733–743.

221. Viru, A. Adaptation in Sport Training / A. Viru // Times Mirror International Publishers. - London. - 1995. - 320 p.

222. Wilmore, J.H. Physiology of Sport and Exercise / J.H. Wilmore, D.L. Costill. - Champaign: Human Kinetics, 1994. - 549 p.

223. Withers, R.T. Match analysis of Australian professional Soccer players / R.T. Withers // Journal of Human Movement Studies, 1982. - N 7. - P. 159 - 176.