

**На правах рукописи**

**Кудря Ольга Николаевна**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ**

**03.03.01 – физиология**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук**

**Томск – 2012**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта».

**Научный консультант:**

доктор медицинских наук,  
профессор

Капилевич Леонид Владимирович

**Официальные оппоненты:**

доктор биологических наук, профессор  
кафедры медико-биологических дисциплин  
ФГБОУ ВПО «Томский государственный  
педагогический университет»

Ласукова Татьяна Викторовна

доктор биологических наук, профессор,  
зав. кафедрой физиологии человека и животных  
и валеологии ФГБОУ ВПО «Кемеровский  
государственный университет»

Казин Эдуард Михайлович

доктор биологических наук, профессор  
зав. кафедрой анатомии, физиологии и  
безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО  
«Новосибирский государственный педагогический  
университет»

Айзман Роман Иделевич

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина» РАМН (г. Москва)

Защита состоится: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г. на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 при ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России (634050 г. Томск, Московский тракт, 2)

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Петрова И.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Спорт высших достижений – деятельность, обуславливающая раскрытие предельных возможностей человека. Непрерывный рост спортивных достижений предполагает раннюю спортивную специализацию, что обуславливает необходимость выявления возрастных особенностей адаптации к интенсивным физическим нагрузкам. Важное место в системе подготовки высококвалифицированных спортсменов занимает проблема контроля тренировочного процесса, для решения которой необходимы знания о возрастных закономерностях адаптации к повышенному двигательному режиму. Сложность при оценке функционального состояния спортсмена и эффективности тренировочного процесса связана с тем, что признаки естественного возрастного развития своеобразно переплетаются с признаками развития, возникающими в результате приспособления организма к физическим нагрузкам.

Большинство ученых сходятся во мнении, что адаптация человека к изменяющимся факторам среды, в том числе и к мышечным нагрузкам, связана с саморегулированием многокомпонентных функциональных систем [Э.В. Земцовский, 1995; Р.М. Баевский, 2001, Ф.З. Меерсон, 1988; В.Д. Сонькин, 2007; И.Г. Нидеккер, 2010; В.В. Колпаков, 2011]. Физиологическое значение регуляции деятельности структур организма заключается в том, что она обеспечивает меру их осуществления, т.е. ту особенность, без которой реакция теряет свое биологически полезное значение и адаптивную роль [С.Е. Павлов, 2000; А.С. Солодков, 2000, 2005; Н.А. Фомин, 2003; Ж.А. Донина, 2011]. Изучение процессов адаптации с позиции системного подхода требует уточнения основных форм взаимосвязи организма как целого с внешним раздражителем, каковым становится систематическая спортивная тренировка [П.К. Анохин, 1980; К.В. Судаков, 2000].

По мнению ученых, функцию межсистемной регуляции при формировании приспособительных реакций организма в ответ на внешнее воздействие, в том числе, физические нагрузки, выполняет вегетативная нервная система, которая контролирует и изменяет состояние тканей и органов, приспособляя их к деятельности целостного организма [Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова, 1988; А.Д. Ноздрачев, 1999; Н.И. Шлык, 2009; S. Nottin, 2002; S.L. Volis, 2003; W. Jüniq, 2006]. На протяжении индивидуального развития устойчивость организма к воздействию факторов внешней среды существенно меняется. На ранних стадиях онтогенеза организм особенно уязвим к повреждающему воздействию стресса, что делает актуальным изучение механизмов вегетативной регуляции при срочной и долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам в разные возрастные периоды.

Актуальность темы исследования обусловлена и тем, что нарушение процессов вегетативной регуляции является одной из причин развития патологии сердечно-сосудистой системы и внезапной сердечной смерти у спортсменов [Э.В. Земцовский, 1995; Г.А. Макарова, 2002; Е.А. Дектярева, 2006;

Е.А. Гаврилова, 2007; Ф.А. Иорданская, 2011; E. Kouidi, 2002; D. Corrado, 2006].

Основные физиологические системы организма, обеспечивающие выполнение физических нагрузок и контролируемые вегетативной нервной системой, – сердечно-сосудистая и энергообеспечения мышечной деятельности. Несмотря на значительное количество работ, отражающих возрастную динамику формирования сердечно-сосудистой системы [Р.А. Калюжная, 1980; И.О. Тупицын, 1998; А.Л. Похачевский, 2009; А.И. Зиятдинова, 2009; Р.А. Меркулова, 2011; Р. Obert, 2001; N. Sato, 2004] и энергообеспечения мышечной деятельности [Л.Г. Харитоновна, 1991; И.А. Корниенко, 2001-2007; В.Д. Сонькин, 2007, 2011; В.О. Eriksson, 1980; N. Boisseau, 2000], встречаются лишь единичные работы, отражающие динамику становления функции вегетативной нервной системы в формировании адаптивного ответа организма на воздействие внешней среды [Н.Б. Панкова, 2008; Ф.Г. Ситдинов, 2006; М.В. Шайхелисламова, 2008].

Исследования, направленные на изучение вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов, представляют достаточный научный и практический интерес, так как, во-первых, дают возможность оценить вклад вегетативной нервной системы в достижение высоких спортивных результатов в разные возрастные периоды, во-вторых, позволяют выявить закономерности взаимодействия отделов вегетативной нервной системы в процессе срочной и долговременной адаптации к мышечным нагрузкам, в-третьих, позволяют установить особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов, тренирующих различные физические качества. Данные исследования помогут определить основные направления и способы повышения адаптивных возможностей спортсменов разных возрастных групп к физическим нагрузкам и оптимизировать процесс подготовки высококвалифицированных спортсменов с целью сохранения здоровья и достижения ими высоких спортивных результатов.

В связи с этим, исследование, посвященное изучению вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и энергообеспечения мышечной деятельности организма в процессе срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов разных возрастных групп, является актуальным и своевременным.

Все изложенное обуславливает выбор цели и задач настоящего исследования.

**Цель** – изучить физиологические особенности вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов разных возрастных групп при срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

**Задачи исследования:**

1. Изучить особенности гемодинамического и вегетативного гомеостаза у спортсменов разного возраста и пола в состоянии относительного покоя.
2. Выявить взаимосвязь показателей, отражающих состояние вегетативной нервной системы с физической работоспособностью, с показателями

гемодинамики и биоэнергетики у спортсменов разного возраста и пола при выполнении дозированных физических нагрузок.

3. Установить особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов в зависимости от возраста, пола и исходного вегетативного тонуса при выполнении функциональных проб.

4. Определить роль отделов вегетативной нервной системы в формировании механизмов долговременной адаптации к повышенному двигательному режиму в зависимости от типологических особенностей организма.

5. Оценить влияние направленности тренировочного процесса на показатели сердечно-сосудистой системы, энергообеспечения и показатели вегетативного гомеостаза спортсменов разных возрастных групп

6. Исследовать состояние физиологических систем организма в годичном цикле тренировки у представителей циклических и игровых видов спорта.

**Научная новизна.** Получены научные данные, значительно расширяющие современные представления о роли вегетативной нервной системы в формировании механизмов срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов разного возраста.

В ходе исследования впервые:

- выявлены различия в развитии отделов вегетативной нервной системы у спортсменов разного пола на начальных этапах занятий спортом: у спортсменок активность симпатического отдела в возрасте 9–14 лет обуславливает более зрелые реакции организма на внешнее воздействие, у спортсменов в возрасте 9–14 лет отмечены признаки «незрелости» как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС;

- установлено, что у спортсменов в детском и подростковом возрасте (9–14 лет) ведущая роль в реализации процессов срочной адаптации сердечно-сосудистой системы на внешнее воздействие принадлежит надсегментарному отделу ВНС, что проявляется повышением активности центральных подкорковых структур в управлении сердечным ритмом;

- доказано, что механизмы долговременной адаптации к мышечным нагрузкам определяются характером вегетативной регуляции: фоновая активность симпатического отдела ВНС обеспечивает высокий уровень физической работоспособности на начальных этапах адаптации (в возрасте 9–14 лет), фоновая активность парасимпатического отдела ВНС снижает уровень физической работоспособности в субмаксимальном режиме у детей и подростков, с увеличением возраста и стажа занятий у спортсменов с высокой фоновой активностью холинергических механизмов в регуляции сердечного ритма отмечено повышение адаптационно-приспособительных возможностей организма и рост работоспособности;

- обоснованы индивидуально-типологические особенности формирования механизмов срочной адаптации организма в зависимости от возраста и исходного вегетативного тонуса при выполнении спортсменами функциональных проб;

- установлено, что выраженность специфических изменений в работе аппарата кровообращения, показателях биоэнергетики и вегетативной регуляции при тренировке различных физических качеств зависит от этапа возрастного развития;

- выявлено, что у представителей циклических (шорт-трек) и игровых (гандбол) видов спорта в течение годового цикла рост тренированности сопровождается усилением холинергических влияний на сердечный ритм и изменениями показателей биоэнергетики (увеличением окислительных и анаэробно-гликолитических возможностей организма); снижение работоспособности сопровождается усилением централизации в управлении сердечным ритмом в состоянии покоя и снижением функциональной активности симпатического отдела ВНС при выполнении функциональных проб.

**Научно-практическая значимость.** Полученные в ходе исследования данные о роли отделов вегетативной нервной системы в формировании механизмов срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам дополняют и углубляют теорию общей адаптации и стресса, теорию функциональных систем, теорию онтогенеза. Результаты исследования существенно расширяют представления о роли вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и энергообеспечения мышечной деятельности у спортсменов разного возраста и пола при долговременной адаптации к повышенному двигательному режиму. Использование функциональных проб (кардиоваскулярные тесты и пробы с физической нагрузкой) позволило расширить представления о механизмах срочной адаптации или дизадаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов разного возраста и пола с учетом индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции.

Материалы диссертации используются в лекционных курсах и практических занятиях на кафедре медико-биологических основ физической культуры и спорта Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (г. Омск), на кафедре спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры Томского государственного университета, в учебном процессе кафедры физического воспитания ФГБОУ ВПО НИ ТПУ (г. Томск). Научные положения и разработки используются в работе БУЗ «Врачебно-физкультурный диспансер» (г. Омск). Полученные в ходе исследования данные используются для мониторинга функционального состояния спортсменов и коррекции тренировочного процесса в Омском государственном училище Олимпийского резерва, БОУ ОО ДОД «СДЮСШОР» г. Омска.

**Апробация и реализация работы.** Материалы диссертации были представлены на конференциях всероссийского и международного уровня: Первый Международный научный конгресс «Спорт и здоровье» (Россия, Санкт-Петербург, 2003), Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии» (Кемерово, 2004, 2005, 2007, 2008), XIX Съезд физиологического общества им. И.П. Павлова (Екатеринбург, 2004), V Сибирский физиологический съезд (Томск, 2005), Всероссийская научно-практическая конференция с междуна-

родным участием «Физическая культура, здравоохранение и образование в свете идей В.С. Пирусского (Томск, 2007, 2008, 2011), Международная конференция по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед2007» (Москва, 2007, 2008, 2009, 2010), VI Сибирский физиологический съезд (Барнаул, 2008), XI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы физической культуры и спорта» (Томск, 2008), IV Всероссийский симпозиум с международным участием «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение» (Ижевск, 2008), Всероссийская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы внедрения инновационных технологий в спорте и системе физкультурного образования» (Набережные Челны, 2008), XIII Международный научный конгресс «Современный олимпийский спорт и спорт для всех» (Казахстан, Алматы 2009), V Международная научно-практическая конференция «Физическая культура и здоровье студентов вузов» (Санкт-Петербург, 2009), Всероссийская научная конференция с международным участием «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии» (Томск, 2009), III Международная научно-практическая конференция «Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды» (Челябинск, 2010), V Международный конгресс «ЧЕЛОВЕК, СПОРТ, ЗДОРОВЬЕ» (Санкт-Петербург, 2011), Международный конгресс «Sportul Olimpic si sportul pentru toti» (Кишинев, 2011), Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Вариабельность сердечного ритма» (Чебоксары, 2011), Всероссийская с международным участием школа-конференция по физиологии мышц и мышечной деятельности «Системные и клеточные механизмы в физиологии двигательной системы» (Москва, 2009, 2011), IV Всероссийская с международным участием конференция по управлению движением, приуроченная к 90-летию юбилею кафедры физиологии ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ» (Москва, 2012).

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Формирование механизмов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов завершается позднее, чем у не занимающихся спортом, и носит гетерохронный характер: у спортсменов мужского пола в детском и подростковом возрасте регуляция сердечного ритма характеризуется недостаточно выраженными влияниями как со стороны симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС; у спортсменок в этом возрасте формирование вегетативной регуляции сердечного ритма приближается к уровню взрослого организма, что обуславливает более зрелые адаптационно-приспособительные реакции организма уже на начальных этапах занятий спортом.

2. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов при выполнении функциональных проб зависит от этапа возрастного развития. Независимо от индивидуально-типологических особенностей организма (пола и исходного вегетативного тонуса), в детском и подростковом возрасте реализация процесса срочной адаптации сердечно-сосудистой системы про-

исходит за счет активации высших надсегментарных структур ВНС – гипофизарно-гипоталамического уровня и коры больших полушарий, функциональная активность симпатического отдела выражена слабо. В более зрелом возрасте выявлены различные механизмы срочной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с различным исходным вегетативным тоном. В группе ваготоников срочная адаптация сердечно-сосудистой системы происходит за счет процессов саморегуляции, без подключения центральных структур; в группе эйтоников – за счет умеренной активации симпатического отдела ВНС; в группе симпатотоников – за счет избыточного увеличения активности адренергических механизмов и высших надсегментарных структур.

3. Фоновая активность отделов ВНС определяет механизмы долговременной адаптации к мышечным нагрузкам. Преобладание фоновой активности симпатического отдела ВНС обеспечивает высокий уровень работоспособности в субмаксимальном режиме у спортсменов в детском и подростковом возрасте, у взрослых спортсменов фоновая активность симпатического отдела становится лимитирующим фактором при выполнении физических нагрузок. Напротив, преобладание фоновой активности парасимпатического отдела ВНС снижает уровень физической работоспособности в субмаксимальном режиме у юных спортсменов, но с увеличением возраста и стажа занятий у ваготоников отмечено повышение адаптационно-приспособительных возможностей организма и рост работоспособности.

4. Характер адаптационных изменений при тренировке различных физических качеств зависит от этапа возрастного развития и зрелости физиологических систем организма. В детском и подростковом возрасте (9-16 лет) мышечные нагрузки не вызывают существенных специфических изменений показателей морфометрии, вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и энергообеспечения мышечной деятельности, которые характерны для взрослых спортсменов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 58 печатных работ, в том числе 17 – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК России, и одна монография.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 320 страницах машинописного текста и состоит из введения, 7 глав собственных исследований, выводов, практических рекомендаций, приложений. Библиография включает 447 ссылок, в том числе 324 – работы отечественных авторов и 123 – зарубежных. Работа иллюстрирована 72 рисунками и 51 таблицей.

**Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.** Личный вклад автора в получение научных данных, изложенных в диссертации, состоит в теоретическом обосновании проблемы, определении направления исследований, организации и проведении экспериментов по изучению роли вегетативной регуляции в обеспечении мышечной деятельности у спортсменов. Автором самостоятельно проведена статистическая обработка результатов, их научный анализ и обсуждение, сформулированы выводы и положения, выносимые на защиту.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в период с 1997 по 2011 годы на базе Научно-исследовательского института деятельности в экстремальных условиях Сибирского государственного университета физической культуры и спорта (1997-2001г.г.) и Омского государственного училища Олимпийского резерва (2002-2011г.г.).

В исследованиях приняло участие 676 спортсменов разного пола и возраста, занимающихся различными видами спорта. Распределение испытуемых по возрасту и полу представлено в таблице 1. В каждой возрастной группе соотношение количества спортсменов, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта, было одинаковым. Стаж занятий спортом составил от 2-3 лет в группе спортсменов 9-10 лет до 10-15 лет в старших возрастных группах. Спортивная квалификация испытуемых: от юношеских разрядов в младших возрастных группах до мастеров спорта международного класса в старших возрастных группах. Обследование проводилось в конце подготовительного периода, т.е. спортсмены находились в состоянии спортивной формы.

Таблица 1

Количественный состав исследуемых лиц

Виды спорта	Возраст, лет						
	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-25
<b>Спортсмены мужского пола (n=455)</b>							
Циклические (плавание, легкая атлетика, шорт-трек, велоспорт, лыжи)	38	30	37	27	45	25	27
Ациклические (хоккей, футбол, борьба, бокс, гандбол, тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, кикбоксинг)	36	29	40	25	42	26	28
<b>Итого</b>	<b>74</b>	<b>59</b>	<b>77</b>	<b>52</b>	<b>87</b>	<b>51</b>	<b>55</b>
<b>Спортсмены женского пола (n=221)</b>							
Циклические (плавание, легкая атлетика, шорт-трек, биатлон, лыжи)	15	14	14	19	15	18	15
Ациклические (футбол, борьба, гимнастика, акробатика, фигурное катание, аэробика)	16	15	14	20	15	17	14
<b>Итого</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>29</b>
<b>Всего</b>	<b>105</b>	<b>88</b>	<b>105</b>	<b>91</b>	<b>117</b>	<b>86</b>	<b>84</b>

Кроме того, нами были проведены динамические наблюдения в течение годового тренировочного цикла за представителями циклических (шорт-трек, n=18) и игровых (гандбол, n=22) видов спорта. Возраст спортсменов – 18-25 лет. Обследование проходило 4-5 раз в течение года: начало подготовительного периода, конец подготовительного периода, предсоревновательный и соревновательный периоды.

Все обследования проводились в утренние часы после отдыха (ночного сна) перед выполнением спортивных, учебных, трудовых нагрузок с соблюдением основных требований к гигиеническим условиям, с учетом противопоказаний и правил тестирования.

Для решения поставленных задач в ходе исследования были использованы следующие методы: антропометрические методы, физиологические методы (эхокардиография, реовазография, тонометрия, вариационная пульсометрия, временной и спектральный методы анализа вариабельности сердечного ритма), лабораторное тестирование (кардиоваскулярные тесты и пробы с физической нагрузкой), биохимические методы (определение активности тканевых ферментов, определение концентрации глюкозы и лактата при выполнении дозированных физических нагрузок), методы математической статистики.

Для оценки функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы и регуляторных механизмов использовали инструментальные и расчетные физиологические методы исследования.

Для оценки морфофункционального состояния центральной гемодинамики использовали метод *эхокардиографии* [Ю.Н. Беленков, 2007]. Исследование морфофункциональных показателей миокарда проводили методом эходоплеркардиографии в М-режиме с помощью ультразвукового диагностического комплекса LOGIC 5 General Electric (США) на базе лаборатории функциональной диагностики БУЗ Омской области «Врачебно-физкультурный диспансер». Определяли морфометрические показатели сердца: конечно-диастолический размер (КДР), конечно-систолический размер, толщину межжелудочковой перегородки (МЖП) и задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ).

Рассчитывали гемодинамические показатели: конечно-диастолический объем (КДО), конечно-систолический объем (КСО), фракцию выброса (ФВ), ударный объем (УО) [L.E. Teicholz et al., 1976], массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ) [R.V. Devereux et al., 1986], индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), отношение конечно-диастолического объема к массе миокарда левого желудочка (КДО/ММЛЖ), минутный объем (МОК).

Исследование региональной гемодинамики с оценкой интенсивности артериального кровотока, показателей тонуса и эластичности сосудов, а также показателей венозного оттока в нижних конечностях осуществлялось с помощью *реовазографии (РВГ)* [B.V. Sramek, 1989; A.M. Старшов, 2003] с синхронной записью ЭКГ во втором стандартном отведении. Регистрация РВГ осуществлялась одновременно с двух смежных сегментов конечностей в режиме «голень-стопа». Все показатели, используемые в анализе РВГ, были объединены в несколько групп и характеризовали интенсивность артериального кровотока, тонус и эластичность сосудов, венозный отток.

Для количественной оценки процессов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы использовали *методы анализа вариабельности ритма сердца (ВСР)*: спектральный анализ волновой структуры с оценкой спектральной мощности волн высокой (HF), низкой (LF) и очень низкой частоты (VLF), временной анализ, а также вариационную пульсометрию по Р.М. Баевскому. Эти методы применимы для оценки ВСР в состоянии покоя и при функциональных нагрузках. Запись и анализ кардиоритмограммы выполняли с использованием аппаратно-программного комплекса фирмы «Нейрософт»

(г. Иваново), позволяющего проводить автоматическую обработку данных ВСР на персональном компьютере.

Запись кардиоинтервалограммы проводили в условиях относительного покоя, в исходном положении лежа на спине (фоновая запись) после 5 мин отдыха, при выполнении функциональных тестов (кардиоваскулярные пробы), при нагрузочном тестировании на велоэргометре и в период срочного восстановления.

При анализе ВСР использовали короткие (5-минутные) записи в соответствии с Международным стандартом (1996). Из анализируемого ритма были исключены все артефакты и эктопические ритмы, все переходные процессы, нестационарные участки на ритмограмме, обусловленные глотанием, отдельными глубокими вдохами, покашливаниями [Михайлов В.М., 2002]. При проведении анализа временных и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма мы ориентировались на величины, приведенные в Международном стандарте (1996).

Для оценки процесса срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к различным видам нагрузки нами были проведены нагрузочные *кардиоваскулярные тесты по Ewing*. В покое в течение 5 минут производилась фоновая запись ЭКГ, затем в следующем порядке выполнялись пробы: проба с глубоким управляемым дыханием, проба Вальсальвы (с натуживанием), ортостатическая проба, проба с изометрической нагрузкой [В.М. Михайлов, 2002]. Результаты кардиоваскулярных проб оценивались по методике А.Б. Данилова (1991).

Для оценки общей физической работоспособности и процессов срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам использовали *велоэргометрические пробы*. Испытуемые выполняли ступенчато-возрастающую велоэргометрическую нагрузку [Л.Г. Харитонов, 1991]. В состоянии относительного покоя, после каждой ступени нагрузки, на 5-й и 10-й мин срочного восстановления, а также при выполнении кардиоваскулярных проб определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) по данным электрокардиограммы и артериальное давление (систолическое и диастолическое) звуковым методом В.Г. Короткова с помощью тонометра. С помощью общепринятых формул рассчитывали следующие гемодинамические параметры: пульсовое давление (ПД), среднее артериальное давление (АДср), индекс Робинсона (ДП), систолический объем крови (СО), минутный объем крови (МОК).

Для определения биоэнергетических параметров и для изучения метаболических процессов в покое, при выполнении мышечной работы, а также в процессе срочного восстановления использована серия *биохимических методик*, направленных на изучение активности тканевых ферментов и метаболитов углеводного обмена (глюкоза, лактат).

Определение активности ферментов сыворотки крови: аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), общей креатинфосфокиназы (КФК), общей лактатдегидрогеназы (ЛДГ) осуществляли с помощью биохимического анализатора Chem Well 2910 (США). Ферментативная

активность указана в международных единицах (МЕ). Для определения активности ферментов использовали реактивы фирмы DiaSys Diagnostic Systems GmbH (Германия). Анализ результатов исследований проводился исходя из норм, указанных в аннотациях к работе с данными реактивами. Забор крови производили из вены утром натощак на базе биохимической лаборатории БУЗ Омской области «Врачебно-физкультурный диспансер».

Определение концентрации глюкозы и лактата проводили на автоматическом биохимическом анализаторе Super Easy (производство Германии). Принцип измерения – электрохимический энзиматический с использованием сенсорной технологии. Диапазон измерения: глюкоза – 0,6-50 ммоль/л (11,0-900 мг/дл), лактат – 0,5-30 ммоль/л (4,5-270 мг/дл). Забор крови для анализа производили из мякоти пальца в условиях относительного покоя, на 3-й и 10-й минутах срочного восстановления с использованием одноразовых капилляров end to end (20 мкл). Для оценки аэробной производительности и окислительной способности организма оценивалась величина максимального потребления кислорода (МПК).

Статистическая обработка полученных данных выполнена в программе «Statistica 6» на персональном компьютере. Для характеристики изучаемых показателей вычислялась средняя арифметическая величина выборочной совокупности ( $M$ ). Показателем варьирования полученных результатов служило среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ) и  $m$  – ошибка репрезентативности (генеральная средняя). Проверку на нормальность проводили с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Если подтверждалось нормальное распределение, то оценку изучаемых показателей проводили по  $t$ -критерию Стьюдента для связанных и несвязанных выборок, при уровне значимости  $p < 0,05-0,001$ . Для параметров, которые нельзя описать законом нормального распределения, использовали следующие непараметрические критерии: для оценки достоверности различий несвязанных выборок использовались  $U$  критерий Манна-Уитни, для сопоставления исследуемых параметров «до» и «после» выполнения нагрузочных тестов использовали парный критерий Вилкоксона.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

### **Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы и энергообеспечение мышечной деятельности у спортсменов**

Для выявления особенностей вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы в покое и при проведении функциональных проб у спортсменов все испытуемые были разделены на 7 возрастных групп с учетом половой принадлежности: 9–10 лет, 11–12 лет, 13–14 лет, 15–16 лет, 17–18 лет, 19–20 лет, 21–25 лет.

Результаты исследований показали, что возрастная динамика основных гемодинамических показателей у спортсменов разного пола в состоянии относительного покоя соответствует закономерностям развития сердечно-сосудистой системы людей, не занимающихся спортом: отмечено снижение

частоты сердечных сокращений, повышение систолического и диастолического артериального давления, увеличение линейных и объемных размеров сердца. Тем не менее, занятия спортом оказывают определенное влияние на формирование сердечно-сосудистой системы и механизмов ее регуляции.

В состоянии относительного покоя отмечено достоверное снижение ЧСС с увеличением возраста спортсменов и стажа занятий с 78 уд/мин у 9–10-летних детей до 60 уд/мин у взрослых спортсменов. Следует подчеркнуть, что в возрасте от 13–14 лет до 15–16 лет, как у юношей, так и у девушек, наблюдали уменьшение ЧСС на 8–9 уд/мин, тогда как между другими возрастными группами эта разница составила 3–4 уд/мин (табл.2).

Таблица 2

Показатели гемодинамики у спортсменов разного пола  
в состоянии относительного покоя (M±m)

Показатели	Возраст, лет						
	9–10	11–12	13–14	15–16	17–18	19–20	21–25
Спортсмены мужского пола (n=455)							
ЧСС, уд/мин	78,7±1,2	75,2±1,1 *	73,8 ±1,2	64,1±1,4 *	60,9±0,9	59,4±1,2	61,5±1,6
ДП, усл.ед.	79,8±1,8	79,1±1,5	82,7±1,8	73,0±1,8 *	70,7±1,5	69,2±1,7	74,2±2,5
САД, мм рт.ст.	101,1±1,2	105,1±1,3 *	111,8±1,2 *	113,8 ±1,1	115,47±1,0	116,9±1,3	120,7±1,5
ДАД, мм рт.ст.	64,4±0,9	66,5± 0,9	68,2± 0,9	71,6±0,8 *	74,6±0,7 *	73,1±0,9	75,7±1,1
Спортсмены женского пола (n=221)							
ЧСС, уд/мин	82,8±2,1	78,2±2,9	82,3±2,4 ^^	61,4±1,5 *	63,4±1,7	61,6±1,7	57,5±1,7
ДП, усл.ед.	83,5±2,8	81,4±2,9	88,0±3,2	61,6±1,9 *^^	64,0±2,2 ^^	63,1±1,1 ^^	59,7±2,7
САД, мм рт.ст.	100,3±1,7	104,3±1,3	106,6±1,8^	100,2±1,7 **^^	100,8±1,7 ^^	102,6±1,7 ^^	103,1±2,2
ДАД, мм рт.ст.	74,5±1,2	79,22±1,4 *	81,6±1,2	77,2±1,2 *^^	77,9±1,2 ^^	79,5±1,3 ^^	78,4± 1,3

Примечание: \* – различия статистически значимы к предыдущей возрастной группе при p<0,05; ^^ – различия статистически значимы между спортсменами разного пола в данной возрастной группе при p<0,01.

Стабилизация в регуляции сердечного ритма у не занимающихся спортом наблюдается к 15–16 годам, что свидетельствует о завершении адаптационных перестроек и формировании оптимальной системы вегетативной регуляции сердечного ритма к этому этапу онтогенеза [О.В. Коркушко, 1991; Р.А. Галлеев, 2002; Н.Б. Хаспекова, 2003].

Значительное снижение ЧСС к 15–16 годам у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, связано, по мнению ряда авторов, с постепенным повышением тонуса парасимпатической нервной системы [И.А. Аршавский, 1982; З.Б. Белоцерковский, 2005].

Однако, как показали результаты собственных исследований, усиление вагусных влияний на деятельность сердца не является единственной причиной значительного снижения ЧСС к 15–16 годам. По показателям спектраль-

ного анализа ВСР нами выявлено, что максимальная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм (по показателям ТР,  $мс^2$ ) наблюдается у мальчиков в возрасте 9–16 лет, в последующем постепенно снижается. У девочек, напротив, в возрасте 9–16 лет идет нарастание общей мощности спектра, которая в дальнейшем стабилизируется (17–18 лет) и незначительно снижается в старших возрастных группах (рис.1).

Мощность дыхательных волн, отражающая вагусный контроль сердечного ритма, составляет основной вклад в общую мощность спектра у мальчиков в возрасте 9–10, 11–12 и 13–14 лет (47%, 39%, 36%), у девушек – в возрасте 15–16, 17–18, 19–20 и 21–25 лет (39%, 45%, 40%, 43%). Высокие значения ТР и HF, часто встречаемые у подростков, по мнению В.М. Михайлова (2002), следует трактовать как несовершенство регуляторных механизмов – «незавершенная адаптация», или, точнее «поисковая стадия адаптации». Разнонаправленная динамика показателей ТР и HF, на наш взгляд, свидетельствует о качественно разном влиянии экзогенных факторов на формирование регуляторных систем на начальных этапах адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов разного пола.

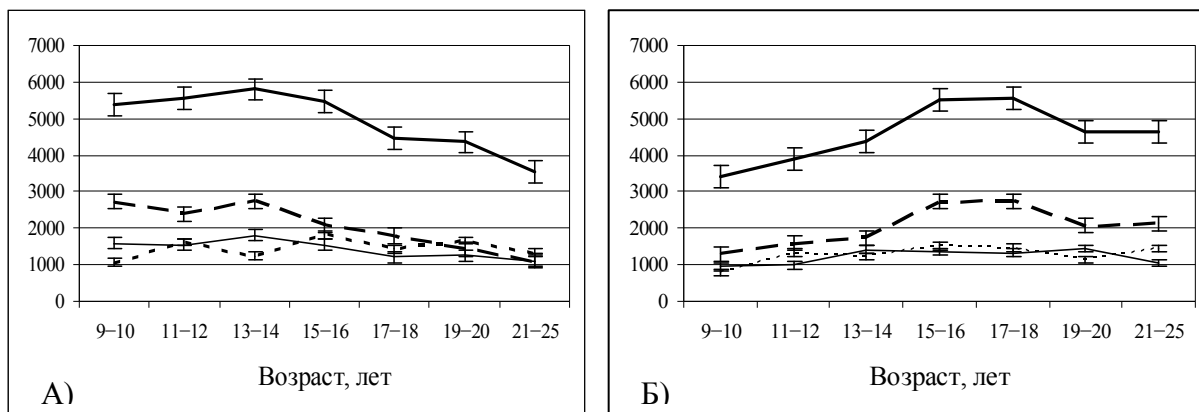


Рис. 1. Возрастные изменения показателей спектрального анализа (абсолютные значения,  $мс^2$ ) у спортсменов мужского (А) и женского пола (Б)  
Примечание: ———— – ТР, - - - - - HF, — — — — LF, - · - · - VLF

Снижение ЧСС к 15–16 годам в связи с усилением парасимпатических влияний на ритм сердца противоречит результатам морфологических и гистохимических исследований, в ходе которых было установлено, что развитие отделов ВНС в постнатальном онтогенезе происходит неравномерно. Формирование парасимпатического отдела завершается к 7-ми годам и в течение жизни активность холинергической регуляции сердца меняется незначительно. Активность симпатического отдела ВНС постепенно нарастает и достигает максимума в период от 12–16 лет до 21–35 лет, в дальнейшем наблюдается обратный процесс [В.Н. Швалева, 2001–2007].

Исходя из результатов собственных исследований и данных литературы, мы пришли к заключению, что снижение ЧСС в состоянии покоя у спортсменов, особо значимое в возрасте от 13–14 до 15–16 лет, связано с рядом причин. Одной из причин является увеличение массы и объема сердца из-за значительного изменения тотальных размеров тела в этот период. По

данным эхокардиографического исследования нами выявлено, что в период от 13–14 до 15–16 лет значительно увеличиваются линейные и объемные размеры сердца у спортсменов мужского пола, у девушек столь значительно-го увеличения размеров сердца в этот период не отмечено (рис. 2).

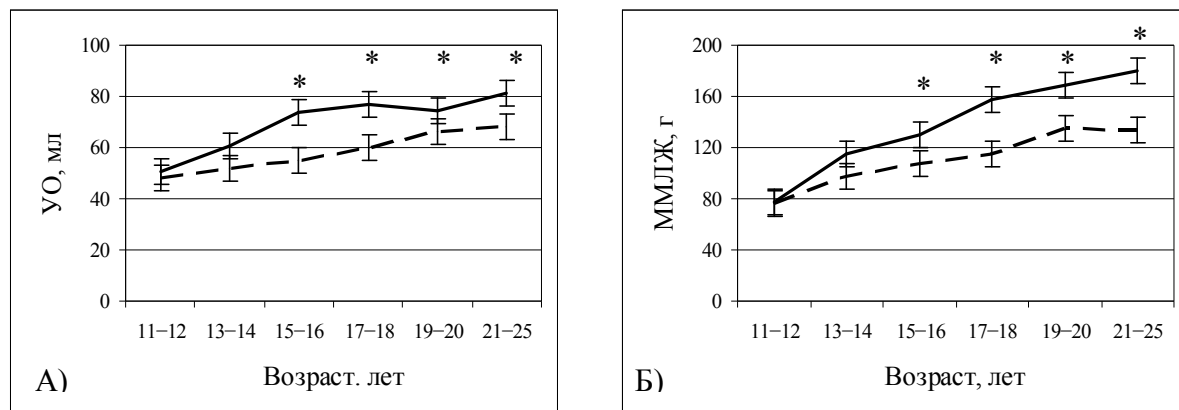


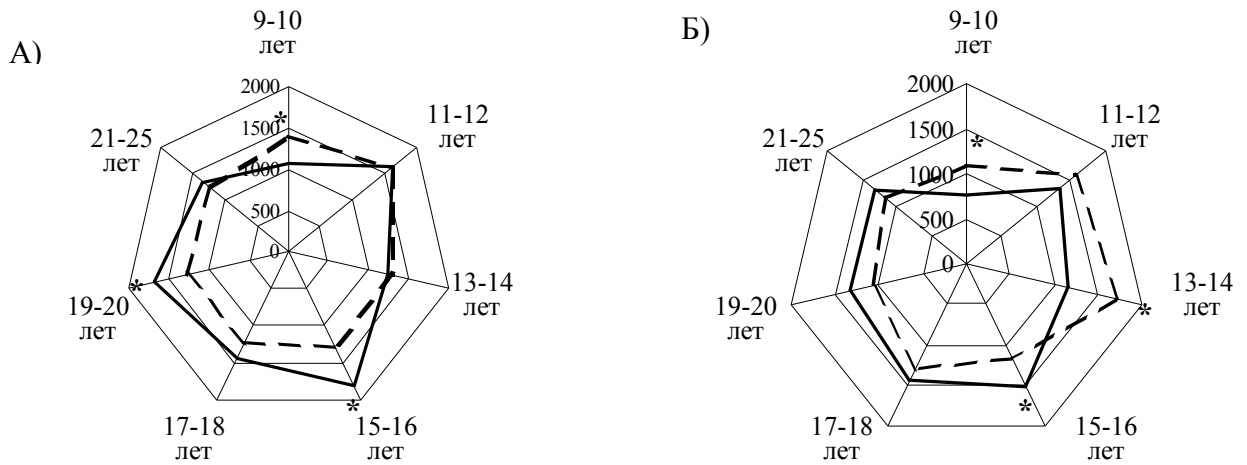
Рис. 2. Ударный объем крови (УО) (А) и масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ) (Б) у спортсменов разного возраста и пола

Примечание: ——— - спортсмены мужского пола; - - - - спортсмены женского пола  
\* - статистически значимые различия между спортсменами разного пола ( $p < 0,05$ ).

На наш взгляд, значительное изменение гемодинамических показателей (ЧСС, ДП, САД, ДАД) к 15–16 годам у спортсменов разного пола обусловлено различными физиологическими механизмами: у юношей – в большей степени за счет увеличения массы и объема сердца, у девушек – за счет более зрелых механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма.

Мы предположили, что возрастные изменения гемодинамических показателей у спортсменов в состоянии покоя связаны, в большей степени, с формированием симпатического отдела ВНС, который, в свою очередь, способствует становлению парасимпатических влияний, поскольку активность сегментарных отделов ВНС (симпатического и парасимпатического) не сводится к простому антагонизму, а имеет характер сложных реципрокных взаимодействий, варьирующих в зависимости от конкретного вида адаптивной деятельности организма [А.Д. Ноздрачев, 2001].

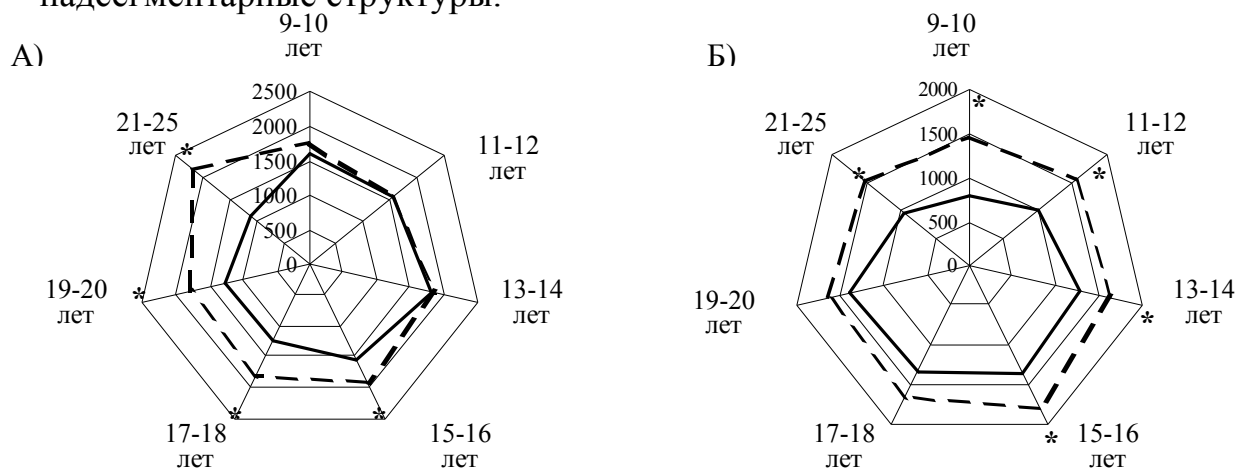
Для подтверждения выдвинутой гипотезы, а также для изучения срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к различным видам нагрузки, для определения реакции вегетативной нервной системы на внешние раздражители у спортсменов, нами были проведены нагрузочные кардиоваскулярные тесты по Ewing. Наиболее информативной оказалась активная ортостатическая проба, которая позволила выявить различные механизмы срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к внешним воздействиям у спортсменов разного возраста и пола. Адаптация сердечно-сосудистой системы к изменяющимся внешним условиям в детском и подростковом возрасте (9–14 лет) у спортсменов разного пола сопряжена с активацией надсегментарного уровня управления ритмом сердца (рис. 3), начиная с 15–16 лет, в процесс адаптации активно подключается симпатический отдел ВНС (рис.4).



**Рис. 3.** Показатели абсолютной мощности ( $\text{m}^2$ ) VLF-волн в покое и при проведении АОП у спортсменов мужского (А) и женского (Б) пола  
Примечание: — - покой, - - - АОП;  
\* - различия статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Параметры VLF, как известно, характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и могут использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе, с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнем [Н.Б. Хаспекова, 2003].

Вероятно, в детском и подростковом возрасте в период усиления гетерохронии в становлении сегментарных отделов ВНС основную функцию по реализации срочных адаптивных реакций организма берут на себя высшие надсегментарные структуры.



**Рис. 4.** Показатели абсолютной мощности ( $\text{m}^2$ ) LF-волн в покое и при проведении АОП у спортсменов мужского (А) и женского (Б) пола  
Примечание: — - покой, - - - АОП.  
\* - различия статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

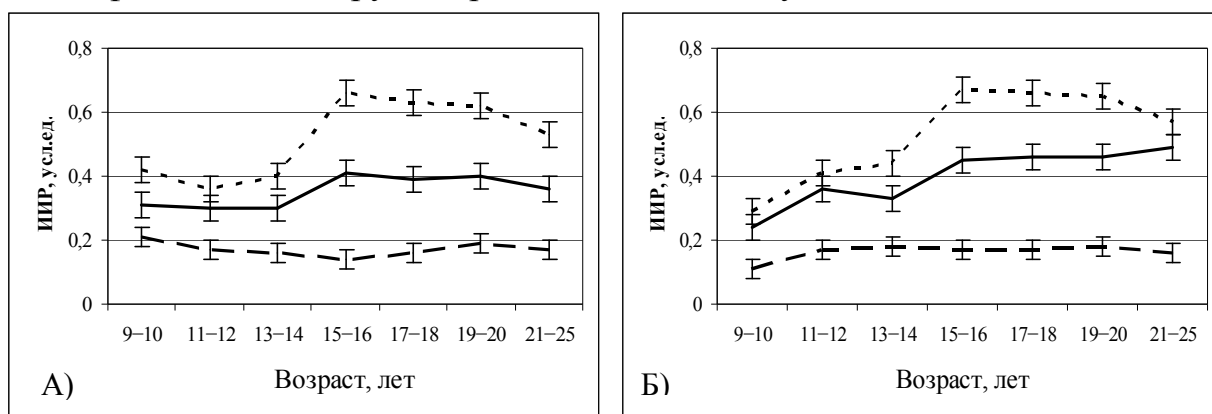
При проведении АОП у спортсменов мужского пола в возрасте 9–10, 11–12 и 13–14 лет не наблюдалось увеличения активности вазомоторного центра. У спортсменок вовлечение симпатического отдела ВНС в реализацию адаптивного ответа организма на внешнее воздействие отмечено уже в



возрасте 9–10 лет. Начиная с 15–16 лет, как у юношей, так и у девушек, возрастает роль симпатического отдела ВНС в процессах срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к внешним воздействиям.

Исходя из значимости симпатической нервной системы в формировании адаптивного ответа на стрессорное воздействие, мы предположили, что раннее созревание симпатического отдела ВНС обеспечивает высокую мобилизационную готовность сердечно-сосудистой системы девочек в возрасте 9–14 лет и более «зрелые» адаптивно-приспособительные реакции организма в ответ на внешнее воздействие.

При выполнении спортсменами дозированных физических нагрузок на велоэргометре выявлено, что у девочек реакция сердечно-сосудистой системы приближается к уровню взрослого организма в возрасте 9–10 лет, что обеспечивает эффективную работу аппарата кровообращения при выполнении физических нагрузок уже на начальных этапах занятий спортом (9–14 лет). Отставание в развитии симпатического отдела ВНС у мальчиков компенсируется к 15–16 годам. Именно к этому возрасту завершаются структурные преобразования симпатического отдела ВНС [В.Н. Швалев, 2001, 2007]. Начиная с 15 лет, у спортсменов мужского пола отмечена высокая реактивность симпатического звена регуляции сердечно-сосудистой системы (на уровне активности вазомоторного центра), что повышает эффективность работы сердца при выполнении физических нагрузок и способствует достижению высокого уровня физической работоспособности. Это предположение подтверждает анализ индекса инотропного резерва сердца (ИИР) (рис.5). Значимые изменения ИИР отмечены у спортсменов обоего пола при выполнении физических нагрузок при ЧСС свыше 170 уд/мин.

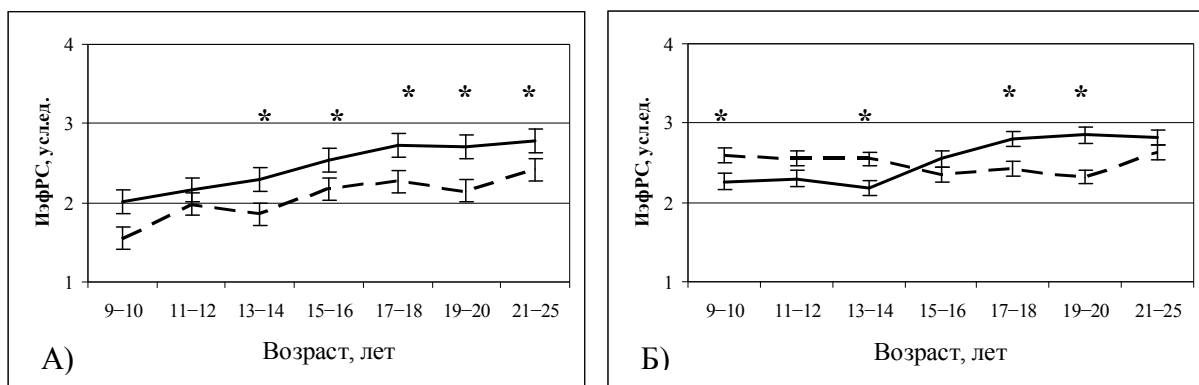


**Рис. 5.** Индекс инотропного резерва (ИИР, усл.ед.) у спортсменов разного возраста при выполнении физических нагрузок в разных пульсовых режимах

Примечание: А) – спортсмены мужского пола; Б) – спортсмены женского пола

--- – разминка; — – PWC<sub>170</sub>; ····· – Wсуб

Для оценки эффективности работы сердца при выполнении нагрузок различной интенсивности использовали индекс эффективности работы сердца (ИэфРС), рассчитанный по формуле Artecар [Н.А. Белоконь, М.Б. Кубергер, 1987].



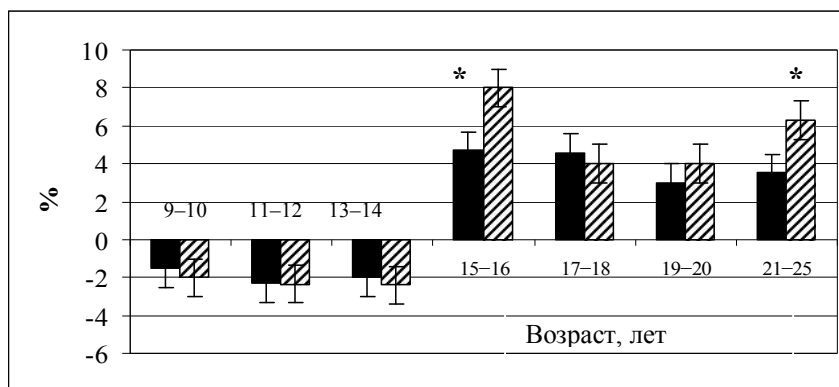
**Рис. 6.** Индекс эффективности работы сердца у спортсменов в разных пульсовых режимах

Примечание: — — — — — спортсмены мужского пола; - - - - - спортсмены женского пола  
 А) – 2 ступень нагрузки (PWC<sub>170</sub>); Б) – 3 ступень нагрузки (W<sub>суб</sub>)  
 \* - статистически значимые различия между спортсменами разного пола (p<0,05).

Эффективность работы сердца в смешанном режиме при ЧСС 160–170 уд/мин (PWC<sub>170</sub>) увеличивается с возрастом у спортсменов разного пола (рис. 6А). При работе в анаэробных условиях (ЧСС свыше 180 уд/мин) сердечно-сосудистая система у девочек 11–12 и 13–14 лет работает более эффективно, в 15–16 лет различий не отмечено, но, начиная с 17–18 лет, сердечно-сосудистая система юношей более адаптирована к нагрузкам анаэробной направленности (рис. 6Б). Это еще раз свидетельствует о смене в ходе онтогенеза механизмов, обеспечивающих выполнение мышечной работы. Наиболее ярко различия проявляются при выполнении работы в анаэробных условиях.

Роль вегетативной нервной системы не ограничивается регуляцией аппарата кровообращения. Огромное значение для мышечной деятельности имеет адаптационно-трофическая функция ВНС, связанная в большей степени с регуляцией углеводного обмена, поскольку углеводы являются основными субстратами для образования АТФ в сокращающихся мышцах при нагрузках субмаксимальной и большой мощности. Особенностью организма детей и подростков является несовершенство регуляции углеводного обмена в смысле возможностей быстрой мобилизации внутренних углеводных ресурсов организма и, особенно, поддержания необходимой интенсивности ее на протяжении всей работы [Н.И. Волков, 2000]. Мы полагаем, что возрастные особенности регуляции углеводного обмена связаны с формированием симпатического отдела ВНС в онтогенезе.

По результатам исследования выявлено, что изменение концентрации глюкозы при мышечной работе зависит от возраста. В младших возрастных группах (9–10, 11–12 и 13–14 лет) у спортсменов разного пола при работе в субмаксимальной зоне мощности отмечено достоверное снижение содержания глюкозы крови, в последующие возрастные периоды происходит увеличение концентрации глюкозы при выполнении мышечных нагрузок (рис. 7).



**Рис. 7.** Увеличение концентрации глюкозы (в %) при выполнении физической нагрузки в субмаксимальной зоне мощности спортсменами разного возраста и пола

Примечание: ■ - спортсмены, ▨ - спортсменки

\* - статистически значимые различия между спортсменами разного пола ( $p < 0,05$ ).

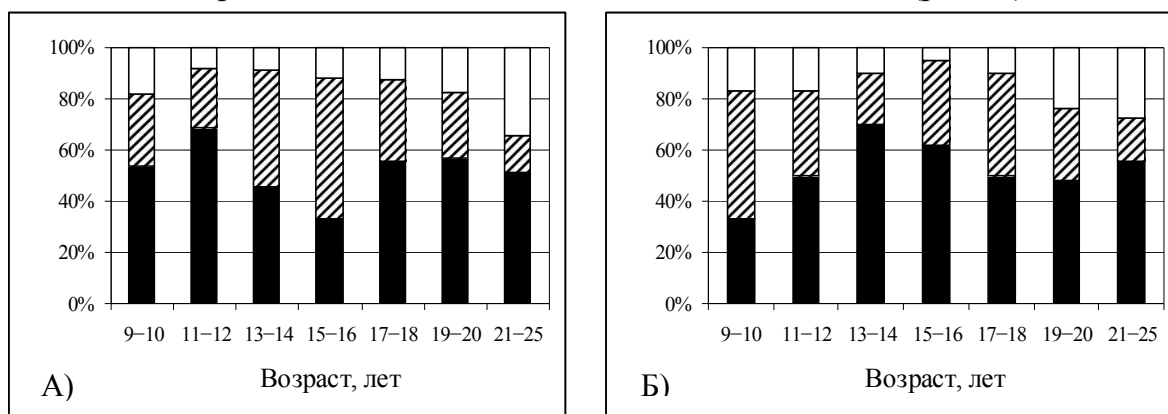
В возрасте 9–14 лет снижение концентрации глюкозы при выполнении физических нагрузок у спортсменов обусловлено, на наш взгляд, недостаточной функциональной активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы. Снижение концентрации глюкозы при выполнении нагрузки отмечено в ряде случаев и у спортсменов старших возрастных групп, но причиной этого является истощение симпато-адреналовой системы и снижение адаптационно-приспособительных возможностей организма вследствие чрезмерных физических нагрузок.

Мы предполагаем, что к 15–16 годам завершается морфологическое формирование системы вегетативной регуляции, однако функциональное развитие регуляторных механизмов еще не завершено. Возрастной период 15–16 лет имеет признаки незавершенности функционального созревания вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, о чем свидетельствуют максимальные значения абсолютной мощности VLF-спектра (юноши –  $1827 \pm 199$  мс<sup>2</sup>; девушки –  $1513 \pm 256$  мс<sup>2</sup>) в покое и избыточное увеличение ЧСС (у юношей – на 46%; у девушек – на 43%) при проведении АОП в этом возрасте. Формирование системы регуляции сердечного ритма, на наш взгляд, завершается у спортсменов только к 17–18 годам, в то время как у не занимающихся спортом к 15–16 годам [Р.В. Галлеев, 2002; Н.Б. Панкова, 2008].

Одной из функций ВНС при физических нагрузках является быстрая мобилизация функциональных резервов организма (симпатический отдел ВНС) и быстрое восстановление физиологических показателей после физической работы, а также пополнение израсходованных при мышечной работе ресурсов (парасимпатический отдел ВНС). Данные функции можно оценить с помощью показателей вегетативной реактивности, анализ которых позволил выявить особенности развития отделов ВНС у спортсменов разного пола. Значительное снижение реактивности парасимпатического отдела ВНС (по показателю  $K_{30:15}$ ) у спортсменов мужского пола наблюдается в возрасте 13–14 лет (54%), у спортсменок – в возрасте 11–12 лет. В остальных возрастных

группах нормальный тип вегетативного реагирования на АОП является преобладающим у спортсменов разного пола.

Для определения вегетативной реактивности симпатического отдела ВНС использовали отношение  $ИН_2/ИН_1$ . Наибольший процент избыточной активации симпатического отдела ВНС при проведении АОП (гиперсимпатикотоническая реакция) отмечен у спортсменов мужского пола в возрасте 13–14 лет (46%) и 15–16 лет (55%), у спортсменок – в 9–10 лет (50%). В остальных возрастных группах преобладают спортсмены с нормальным типом вегетативной реактивности симпатического отдела ВНС (рис. 8).



**Рис. 8.** Соотношение типов вегетативной реактивности симпатического отдела ВНС (в % от общего числа обследованных) при проведении АОП

Примечание: А) – спортсмены мужского пола; Б) – спортсмены женского пола;

■ – симпатикотонический, ▨ – гиперсимпатикотонический, □ – асимпатикотонический

Как отмечают исследователи [И.Т. Корнеева, 2002], для спортсменов с избыточной реактивностью симпатического отдела ВНС характерна недостаточность адапционно-приспособительных механизмов. Нормотоническая вегетативная реактивность характеризуется сбалансированностью между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы и центральными механизмами управления. Наибольшее число случаев асимпатикотонической (недостаточной) реакции на ортостатическое воздействие нами выявлено у спортсменов обоего пола в старших возрастных группах (19-25 лет). При асимпатикотонической вегетативной реактивности, как правило, отсутствует переход от кратковременного адапционного эффекта к долговременной адаптации. На наш взгляд, увеличение случаев асимпатикотонической реакции на АОП в старших возрастных группах может быть связано с истощением симпатической нервной системы при систематических занятиях спортом. Механизм этого явления может быть следующим: в условиях психоэмоционального напряжения, которое характерно для тренировочной и соревновательной деятельности спортсмена, повреждающее действие катехоламинов усиливается из-за неполной реализации их периферических эффектов и невосребованности мобилизуемых при этом субстратов. Кроме того, в условиях перманентного стресса начинают проявляться отрицательные последствия действия катехоламинов на системном и клеточном уровнях: защитная десенситизация адренорецепторов и ответный дополни-

тельный выброс катехоламинов. Формирование такого порочного круга приводит к систематическому повышению активности симпато-адреналовой системы, обратимому на первых этапах и устойчивому под влиянием систематически повторяющихся стрессовых воздействий [Р.И. Стрюк, И.Г. Длуская, 2003].

Анализируя полученные результаты, мы пришли к выводу, что функциональное созревание симпатического и парасимпатического отделов ВНС происходит гетерохронно, снижая свою активность в определенные периоды онтогенеза и интенсивно развиваясь в другие.

### **Индивидуально-типологические особенности спортсменов при адаптации к мышечным нагрузкам**

Характер вегетативной регуляции в организме отражает фоновую активность структур, отвечающих за приспособление организма к физическим нагрузкам. Ее можно рассматривать в качестве одной из конституциональных характеристик, формирующих тип реагирования организма на воздействие внешних факторов [В.П. Казначеев, 1980].

Для выявления индивидуально-типологических особенностей вегетативного обеспечения мышечной деятельности среди спортсменов мужского пола одного возраста были выделены группы в зависимости от преобладания фоновой активности сегментарных отделов ВНС: эйтоники (ЭТ), симпатотоники (СТ), ваготоники (ВТ).

Анализ результатов исследований выявил зависимость физической работоспособности в различных пульсовых режимах от исходного состояния ВНС (табл.3). На первоначальных этапах становления спортивного мастерства (9–16 лет) преимущество имеют юные спортсмены с умеренным преобладанием симпатического отдела ВНС на работу сердца. В старших возрастных группах (19–20 и 21–25 лет), напротив, симпатотоники уступают эйтоникам и ваготоникам по уровню физической работоспособности, в 17–18 лет достоверных различий между группами не выявлено.

С увеличением степени выраженности вагусной иннервации деятельность сердца становится более экономной, повышается резерв работоспособности, что позволяет спортсменам достигать высоких спортивных результатов [Э.В. Земцовский, 1995]. Однако, как показали результаты проведенного исследования, эта закономерность справедлива только для старших возрастных групп (19–20 и 21–25 лет). В возрастном диапазоне 9–16 лет спортсмены с преобладанием парасимпатического отдела не имели преимуществ при выполнении физических нагрузок.

Для объяснения полученных данных следует рассмотреть реакцию сердечно-сосудистой системы и особенности энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении спортсменами дозированных нагрузок с учетом исходного состояния вегетативной нервной системы.

Возрастные изменения в хроно- и инотропной функции сердца у спортсменов с разным исходным тонусом ВНС можно объективно оценить с по-

мощью интегральных показателей – индекса хронотропного (ИХР) и индекса инотропного резерва (ИИР) (рис. 9, 10). Выявлена зависимость хронотропного резерва сердца от мощности выполняемой нагрузки: на 1-й ступени нагрузки (ЧСС – 120–130 уд/мин) ИХР у ваготоников и эйтоников изменяется незначительно, у симпатотоников в старших возрастных группах наблюдается увеличение ИХР, что говорит о неэкономичной работе сердечно-сосудистой системы за счет учащения ЧСС (рис.9А).

Таблица 3

Показатели физической работоспособности спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом (M±m)

Возраст, лет	ИВТ	PWC <sub>170</sub> , кгм/мин	PWC <sub>170</sub> /кг, кгм/мин/кг	W <sub>суб</sub> , кгм/мин	W <sub>суб</sub> /кг, кгм/мин/кг
9-10	ВТ(n=13)	488,7±37,5	13,2±1,2	896,1±47,2	20,5±0,9
	ЭТ(n=36)	482,1±16,9	15,2±0,5	842,6±44,4	22,7±1,1
	СТ(n=25)	484,3±18,2	14,1±0,8	928,6±49,3	24,1±0,9^
11-12	ВТ(n=13)	608,1±39,6	15,6±1,3	923,8±59,4	21,6±0,8
	ЭТ(n=23)	734,1±50,7	17,2±0,8	1003,3±53,8	20,8±0,9
	СТ(n=17)	571,9±37,9	15,8±1,1	922,3±61,6	23,3±0,8
13-14	ВТ(n=14)	851,0±71,2	15,7±0,9	1223,3±73,4	19,6±1,1
	ЭТ(n=29)	884,9±23,1	17,4±0,5	1347,9±52,8	22,6±1,1
	СТ(n=34)	815,5±28,9°	17,2±0,4	1344,3±57,3	25,3±0,7^
15-16	ВТ(n=17)	1308,6±59,9	18,6±0,7	1782,4±62,5	25,4±0,8
	ЭТ(n=23)	1134,9±59,5*	16,4±0,5*	1540,5±79,1*	22,5±0,7*
	СТ(n=11)	1345,1±75,4°	18,6±0,7°	1763,6±88,3°	25,1±1,0°
17-18	ВТ(n=23)	1422,3±56,4	18,8±0,5	1920,3±65,7	25,5±0,9
	ЭТ(n=50)	1340,2±31,1	17,9±0,3	1825,7±47,3	24,5±0,6
	СТ(n=13)	1358,4±62,2	18,2±1,1	1785,2±95,2	23,9±1,6
19-20	ВТ(n=22)	1494,3±63,4	19,4±0,5	1984,3±99,9	25,8±1,0
	ЭТ(n=48)	1396,5±44,8	18,6±0,5	1957,1±70,2	26,0±0,8
	СТ(n=16)	1296,3±92,5	17,3±1,7°^	1597,5±121,1°^	21,4±2,3°^
21-25	ВТ(n=14)	1506,3±112,5	19,4±1,1	1912,5±137,7	24,6±1,2
	ЭТ(n=35)	1486,7±64,3	18,3±1,0	1899,5±91,6	23,3±1,4
	СТ(n=13)	1338,9±125,7^	19,1±1,2^	1700,2±194,1^	22,1±2,2^

Примечание: \* - достоверность различий между лицами с различным исходным вегетативным тонусом (ВТ-ЭТ) в одной возрастной группе при p<0,05; ^ - достоверность различий между ВТ-СТ при p<0,05; ° - достоверность различий между ЭТ-СТ при p<0,05;

ВТ – ваготония, ЭТ – эйтония, СТ – симпатикотония

При выполнении физической нагрузки в большой (ЧСС 160–170 уд/мин) и субмаксимальной (ЧСС свыше 180 уд/мин) зонах мощности усиление хронотропной функции в группе ваготоников продолжается до 15–16-летнего возраста, затем остается на постоянном уровне. В группе эйтоников становление хронотропного механизма продолжается до 17–18 лет, у симпатотоников ИХР изменяется незначительно, достоверно увеличиваясь в возрасте 19–20 лет (рис. 9Б, 9В).

Усиление инотропной функции сердца при физической нагрузке связано с активацией симпатического отдела ВНС [В.М. Хаютин с соавт., 2007].

Нами выявлено, что изменения инотропной функции миокарда в процессе долговременной адаптации к повышенному двигательному режиму имеет разнонаправленную динамику у спортсменов с различным исходным

тонусом ВНС: выполнение нагрузки при ЧСС 120–130 уд/мин сопряжено с незначительным увеличением инотропной функции сердца у ваго- и эйтони-ков, у симпатотоников в старших возрастных группах (19–20 и 21–25 лет) отмечено увеличение ИИР, что является признаком неадекватной реакции сердечно-сосудистой системы на небольшие нагрузки (рис. 10А)

При выполнении нагрузки в зонах большой и субмаксимальной мощности не выявлено достоверных различий у спортсменов 9–10, 11–12 и 13–14 лет между типологическими группами. Значительный прирост инотропной функции отмечен в возрасте от 13–14 до 15–16 лет при ЧСС 160–170 уд/мин и при ЧСС свыше 180 уд/мин у ваготоников – 35% и 40% соответственно, у симпатотоников – 50% и 52%, у эйтоников прирост составил 20% и 28%.

Начиная с 17–18 лет, у спортсменов с преобладанием симпатического отдела в регуляции сердечной деятельности отмечено достоверное снижение инотропной функции при выполнении нагрузок в большой и субмаксимальной зонах мощности. На наш взгляд, в период от 15–16 до 17–18 лет происходит перестройка адаптационно-приспособительных механизмов со стороны вегетативной нервной системы, обеспечивающих выполнение мышечной работы. В первую очередь, это связано со снижением функциональной активности симпатического отдела ВНС.

Становление вагусных влияний ускоряется по мере роста тренированности и рассматривается как положительный результат адаптации к мышечной деятельности [Э.В. Земцовский, 1995; Е.А. Гаврилова, 2007; А.Ю. Мальцев с соавт., 2010]. Однако нами выявлено, что доминирующее влияние блуждающего нерва оказывает лимитирующее влияние на работу сердечно-сосудистой системы ваготоников при выполнении физических нагрузок в возрасте от 9 до 14 лет. Экономичность работы сердца в покое и увеличение его резервных возможностей при выполнении работы у представителей данной типологической группы наблюдается, начиная с 19 лет. Возрастной период от 15 до 18 лет является, на наш взгляд, переходным, сопряжен с окончательным завершением формирования структурной организации отделов ВНС, что проявляется в отсутствии различий гемодинамических показателей между типологическими группами при выполнении спортсменами дозированных нагрузок.

Корреляционный анализ выявил взаимосвязь между показателями физической работоспособности, параметрами, характеризующими работу сердечно-сосудистой системы при выполнении физических нагрузок, и биоэнергетическими показателями организма, что, вероятно, является результатом адаптационно-трофического влияния вегетативной нервной системы.

Адаптационно-трофическая функция симпатической нервной системы позволяет юным спортсменам с преобладанием симпатического отдела в регуляции ритма сердца развивать большую работоспособность в анаэробном режиме, поскольку симпатическому отделу принадлежит эрготропная функция – стимуляция потребления питательных веществ и усиление окислительных процессов, увеличение поступления  $O_2$  к мышцам, мобилизация гликогена печени и выбрасывание глюкозы в кровь.

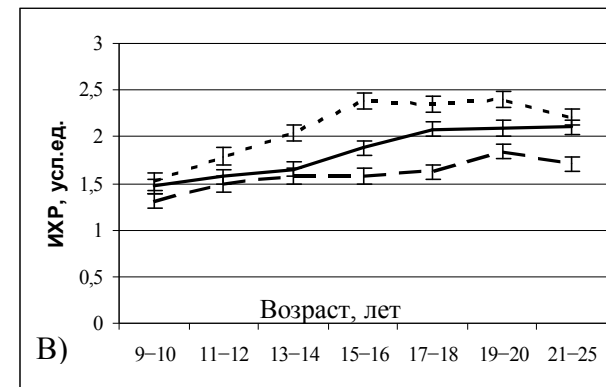
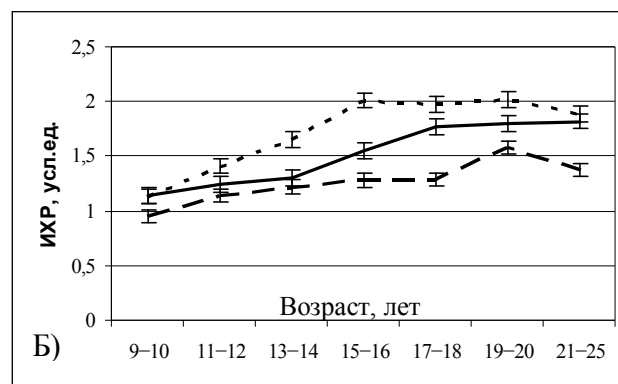
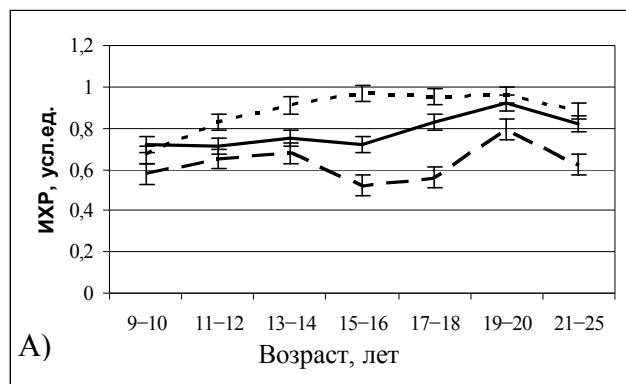


Рис. 9. Индекс хронотропного резерва (ИХР) у спортсменов с различным ИВТ при выполнении нагрузок в разных пульсовых режимах: А) ЧСС 130 - 120уд/мин; Б) ЧСС 160-170 уд/мин; В) ЧСС свыше 180 уд/мин.

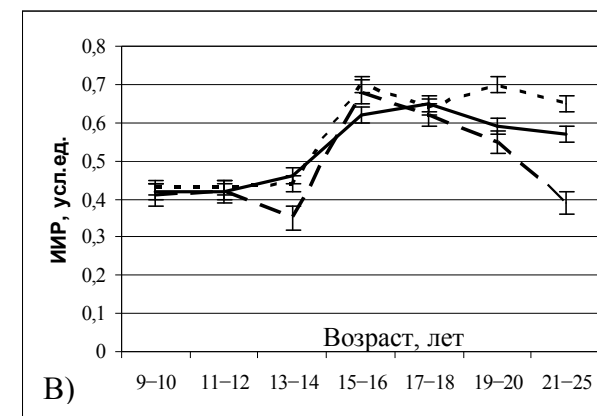
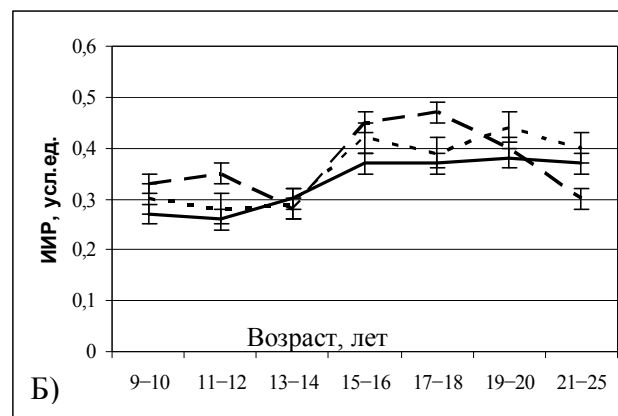
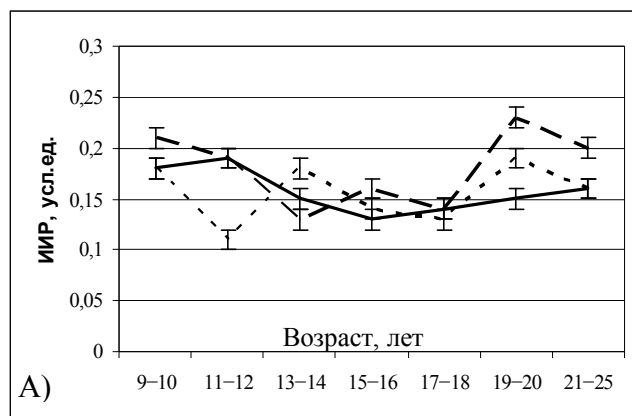


Рис. 10. Индекс инотропного резерва (ИИР) у спортсменов с различным ИВТ при выполнении нагрузок в разных пульсовых режимах: А) ЧСС 130 - 120уд/мин; Б) ЧСС 160-170 уд/мин; В) ЧСС свыше 180 уд/мин.

Примечание: ———— - эйтония; - - - - - симпатотония; ..... - ваготония



Кислородная емкость крови, оцениваемая по содержанию гемоглобина крови, у спортсменов 9–10 и 11–12 лет ниже ( $p < 0,05$ ) в группе ваготоников ( $120 \pm 4$  г/л и  $125 \pm 5$  г/л) по сравнению с симпатотониками ( $132 \pm 6$  г/л и  $136 \pm 5$  г/л). Поскольку гемоглобин обеспечивает перенос  $O_2$  к работающим органам и транспорт  $CO_2$  в легкие, где происходит газообмен, то юные спортсмены с преобладанием адренергических влияний на работу сердца находятся в более выгодном положении при выполнении физических нагрузок.

Результаты исследования подтверждают тот факт, что не только сердечно-сосудистая, но и другие системы, в частности, система крови, взаимосвязаны с уровнем активности отделов ВНС. Нервная регуляция системы крови осуществляется через гипоталамус – высший подкорковый вегетативный центр. Влияние гипоталамуса через симпатическую систему стимулирует кроветворение, усиливая эритропоэз, активация парасимпатического отдела тормозит эритропоэз [W.Jünig, 2006; L.K. McCorry, 2007].

В последующие возрастные периоды различий между группами с различным исходным состоянием ВНС по кислородной емкости крови (оцениваемой по концентрации гемоглобина) не выявлено. Вероятно, влияние эндогенных факторов (в данном случае, активности отделов ВНС) на систему крови имеет особое значение на начальных этапах развития организма.

Высокий уровень физической работоспособности в анаэробных условиях (ЧСС свыше 180 уд/мин), выявленный у спортсменов 9–10, 11–12 и 13–14 лет с преобладанием симпатической регуляции, достигается благодаря высоким окислительным возможностям мышц, поскольку именно симпатическая иннервация регулирует протекание окислительных процессов в поперечно-полосатых мышцах, усиливает поглощение кислорода мышцами, увеличивает активность мышечных дегидрогеназ, обуславливает значительно меньшие сдвиги рН в мышце [W.Jünig, 2006; L.K. McCorry, 2007], вследствие чего у симпатотоников увеличиваются возможности утилизировать большие количества лактата, что способствует поддержанию гомеостаза внутренней среды.

На наш взгляд, именно адаптационно-трофическая функция симпатической нервной системы позволяет юным спортсменам с преобладанием симпатического отдела в регуляции ритма сердца развивать большую работоспособность в анаэробном режиме. В старших возрастных группах спортсмены с преобладанием адренергической регуляции сердечной деятельности теряют преимущество при выполнении мышечных нагрузок. Вероятно, приспособительные реакции симпато-адреналовой системы, направленные на мобилизацию организма и поддержание гомеостаза при выполнении физических нагрузок, становятся неэффективными в определенную фазу долговременной адаптации при занятиях спортом.

Реактивность симпатического отдела ВНС оценивали по коэффициенту  $IN_2/IN_1$ . Во всех типологических группах выявлены периоды, когда реактивность симпатического отдела проявляется в большей степени (рис. 11А, 11Б, 11В): среди ваготоников это возраст 13–14 и 15–16 лет, среди эйтоников – 13–14 лет, в группе симпатотоников – 15–16 лет. Полученные результаты

согласуются с данными Н.И. Шлык (2009) об увеличении напряжения регуляторных систем в период полового созревания независимо от типологических особенностей организма.

Нами отмечено увеличение случаев асимпатикотонической реакции при проведении АОП у спортсменов с адренергической активностью регуляторных механизмов по мере увеличения стажа занятий спортом (рис.10В). Асимпатикотонический тип вегетативной реактивности указывает на состояние перенапряжения, для которого характерны недостаточность адаптационно-приспособительных механизмов и их неспособность обеспечить оптимальную реакцию организма на воздействие физической нагрузки (И.Т. Корнеева, 2002)

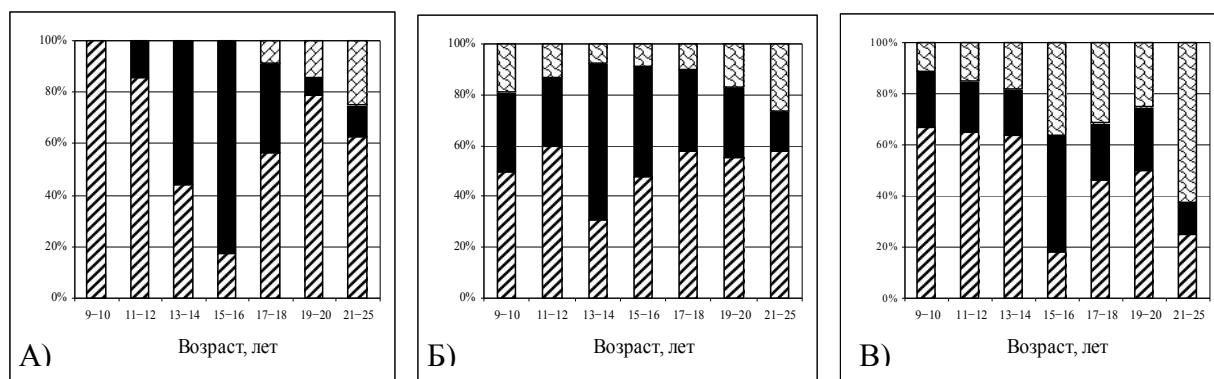


Рис. 11. Соотношение типов вегетативной реактивности симпатического отдела ВНС (%) при проведении АОП у спортсменов с различным исходным тонусом ВНС.

Примечание: А) ваготония, Б) эйтония, В) симпатония

▨ - нормальная, ■ - гиперсимпатикотоническая, ▩ - асимпатикотоническая

В ходе исследования установлено, что механизмы, участвующие в формировании срочных адаптационных изменений в организме в ответ на внешнее воздействие, имеют индивидуально-типологические особенности в зависимости от характера вегетативной регуляции.

При проведении АОП отмечено снижение общей мощности спектра (рис. 12А) и высокочастотной составляющей сердечного ритма (рис. 13А) во все возрастные периоды в группе спортсменов-ваготоников, в возрасте 9–14 лет у них наблюдается снижение активности симпатического отдела ВНС (рис. 14А). Незначительная активация симпатического отдела (LF) при проведении АОП наблюдается в старших возрастных группах. Вовлечение надсегментарных отделов ВНС (VLF–компонента) в процесс срочной адаптации сердечно-сосудистой системы в этой группе отмечено в возрасте 9–14 лет, в последующие возрастные периоды роль центральных структур в адаптационных процессах значительно снижается (рис. 15А). В группе спортсменов со смешанным влиянием отделов ВНС на сердечную деятельность (эйтоники) при проведении АОП отмечено снижение общей мощности спектра и мощности дыхательных волн (рис. 12Б, 13Б).

Увеличение активности симпатического отдела ВНС при проведении АОП наблюдается, начиная с возраста 13–14 лет (рис. 14Б). Вовлечение надсегментарных структур отмечено в младших возрастных группах (9–14 лет) и

незначительное снижение роли высших надсегментарных отделов в старших возрастных группах (рис. 15Б).

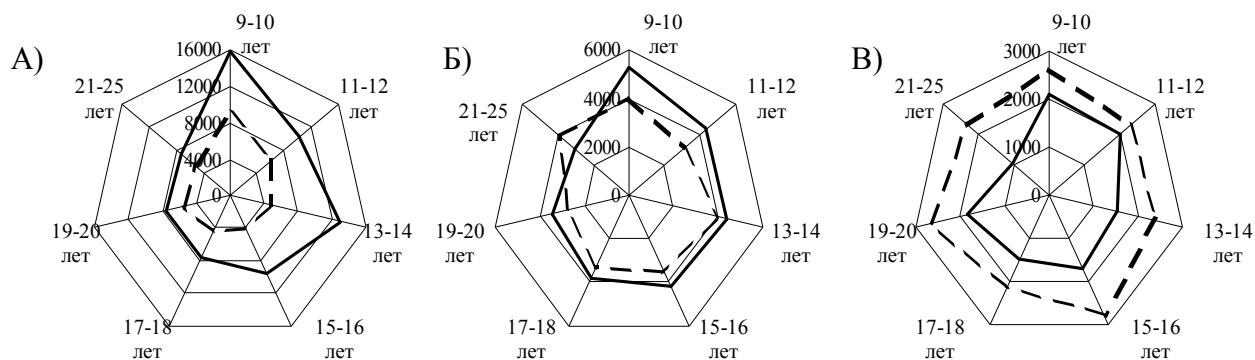


Рис. 12. Показатели общей мощности спектра (TP, мс<sup>2</sup>) у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом

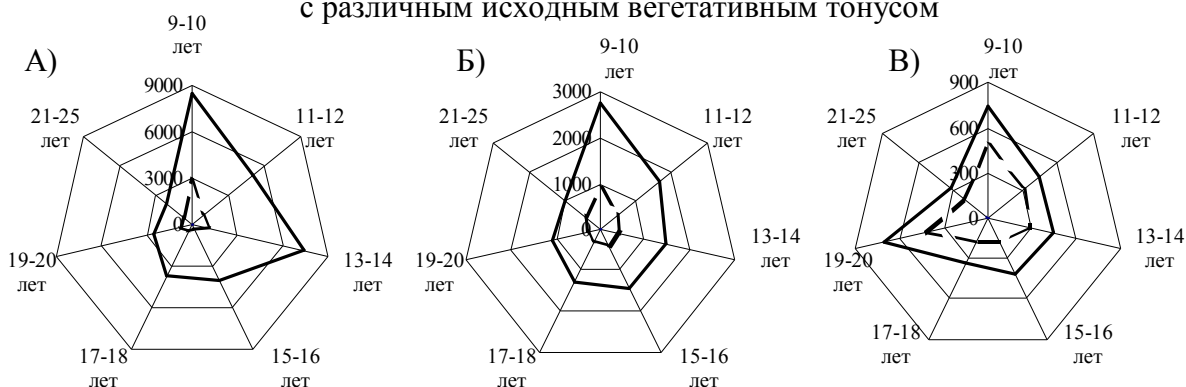


Рис. 13. Показатели высокочастотной составляющей спектра (HF, мс<sup>2</sup>) у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом

Примечание: А) – ваготония, Б) – эйтония, В) – симпатикотония  
 ————— – покой, - - - - - – АОП

В группе спортсменов с исходным преобладанием симпатического отдела в регуляции ритма сердца (симпатотоники) во всех возрастных группах наблюдается парадоксальная реакция со стороны регуляторных систем при ортостатическом тестировании.

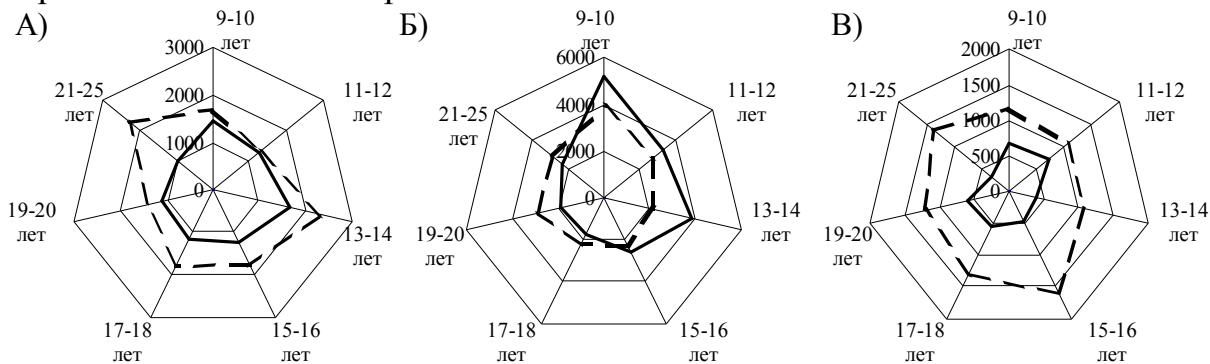


Рис. 14. Показатели низкочастотной составляющей спектра (LF, мс<sup>2</sup>) у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом

Примечание: А) – ваготония, Б) – эйтония, В) – симпатикотония  
 ————— – покой, - - - - - – АОП

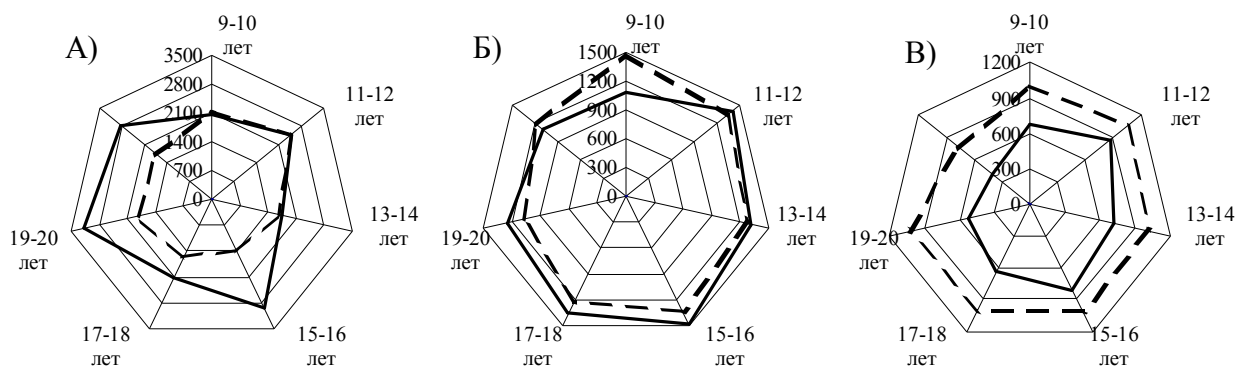


Рис. 15. Показатели очень низкочастотной составляющей спектра (VLF, мс<sup>2</sup>) у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом  
 Примечание: А) – ваготония, Б) – эйтония, В) – симпатикотония  
 ———— – покой, - - - - - АОП

Отмечено увеличение суммарной мощности спектра (TP) (рис. 12В), незначительное снижение мощности дыхательных волн (HF) (рис. 13В), значительное увеличение мощности LF- и VLF-волн во всех возрастных группах (рис. 14В, 15В). Эти данные указывают на вовлечение высших надсегментарных структур управления сердечным ритмом в формирование адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы в процессе срочной адаптации при проведении АОП во все возрастные периоды.

Таким образом, физиологические механизмы регуляции работы сердечно-сосудистой системы у спортсменов в процессе срочной адаптации зависят не только от возраста, но и от исходного тонуса ВНС, который определяет характер адаптивных сдвигов в работе сердечно-сосудистой системы при долговременной адаптации к повышенному двигательному режиму. В возрасте 9–14 лет во всех типологических группах отмечено вовлечение высших надсегментарных (гипоталамо-гипофизарный и корковый уровень) структур в процесс срочной адаптации сердечно-сосудистой системы, что, вероятно, является менее эффективным, но более надежным способом поддержания оптимального уровня функционирования аппарата кровообращения при воздействии внешних факторов. По мере завершения структурных преобразований сегментарных отделов ВНС, начиная с 15–16 лет, формируются разные механизмы адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом.

В группе ваготоников срочная адаптация сердечно-сосудистой системы происходит за счет процессов саморегуляции, без подключения центральных структур в формировании ответной реакции организма на внешнее воздействие. В группе эйтоников срочная адаптация сердечно-сосудистой системы характеризуется сбалансированностью между активацией сегментарных (симпатического и парасимпатического) и надсегментарных отделов ВНС при проведении АОП. В группе симпатотоников при воздействии факторов внешней среды отмечено избыточное увеличение активности адренергических механизмов и высших надсегментарных структур, что, вероятно, приводит к истощению симпато-адреналовой системы и снижению адаптационно-

приспособительных возможностей организма в возрасте 19–25 лет. По мере истощения симпато-адреналовой активности вегетативное обеспечение деятельности осуществляется все в большей степени за счет перехода регуляции с рефлекторного вегетативного уровня на более низкий – гуморально-метаболический, который в меньшей мере способен обеспечить адекватный гомеостазис. Наиболее устойчивым к воздействию систематических физических нагрузок, на наш взгляд, является организм спортсменов со сбалансированным влиянием отделов ВНС на сердечно-сосудистую систему на всех этапах спортивного онтогенеза.

### **Влияние направленности тренировочного процесса на организм спортсменов разного возраста**

Морфологические и функциональные характеристики спортсменов высокой квалификации, как правило, высокоспециализированы. Специфические адаптационные изменения под влиянием тренировки происходят в функциональных системах, в наибольшей степени нагружаемых при выполнении физической нагрузки.

Для выяснения влияния тренировочного процесса на организм высококвалифицированных спортсменов (МС, МСМК, ЗМС), были обследованы спортсмены мужского пола, средний возраст –  $21,5 \pm 0,5$  лет, стаж занятий – 7-17 лет. Все обследованные были разделены на 3 группы в зависимости от направленности тренировочного процесса, согласно классификации А.Г. Дембо с соавторами (1966). В первую группу вошли 13 спортсменов, тренирующихся на развитие силы (тяжелая атлетика, пауэрлифтинг). Вторую группу составили спортсмены, тренирующиеся на развитие скорости (легкая атлетика (спринт), шорт-трек, плавание (спринт),  $n=19$ ). Третью группу составили спортсмены ( $n=13$ ), тренирующиеся на развитие выносливости (велоспорт, лыжи, биатлон).

Перестройка аппарата кровообращения при долговременной адаптации к нагрузкам различной направленности происходит как на уровне центрального, так и на уровне периферического звена сердечно-сосудистой системы. В частности, нагрузки динамического характера (группы «быстрота» и «выносливость») увеличивают функциональные объемы камер и растяжимость сердечной мышцы, что обеспечивает экономизацию функции сердца в покое и максимальную производительность при предельных нагрузках. Если в тренировочном процессе преобладают нагрузки статического характера (группа «сила»), то признаки экономизации функции выражены слабо, величины УО не отличаются от нетренированных лиц (табл.4).

Использование метода реовазографии позволило выявить особенности периферического кровообращения у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса. В ходе исследования выявлено снижение интенсивности артериального кровотока в состоянии покоя у спортсменов, тренирующихся преимущественно быстроту и выносливость (табл. 4), что связано, вероятно, с повышенной способностью мышц использовать кислород. У

спортсменов группы «сила» показатели интенсивности кровотока находятся в пределах физиологических норм для здоровых нетренированных людей, признаки экономизации функции выражены слабо.

У спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса выявлены статистически значимые различия в функционировании возвратного кровообращения: динамические нагрузки увеличивают растяжимость венных сосудов, снижают их тонус, благодаря чему снижается скорость кровотока в сосудах венозного отдела при сохранении хорошего оттока крови (табл.4).

Таблица 4

Показатели центральной и периферической гемодинамики у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса (M±m)

Показатели	1 группа «сила»	2 группа «быстрота»	3 группа «выносливость»	Различия
КДО, мл	105,88±2,83	122,19±3,22	124,02±3,26	1/2, 1/3
КСО, мл	35,38±2,07	41,38±1,41	42,47±2,92	1/2, 1/3
УО, мл	70,48±1,61	80,81±2,29	81,55±3,08	1/2, 1/3
ММЛЖ, г	146,48±4,71	179,45±6,19	175,73±6,24	1/2, 1/3
ЧСС, уд/мин	73,4±2,23	58,8±1,95	59,82±2,46	1/2, 1/3
ДП, усл.ед.	82,58±3,47	71,85±1,59	61,42±1,90	1/2, 1/3, 2/3
Относительный объемный пульс, промилле	0,67±0,05	0,447±0,04	0,41±0,02	1/2,1/3,2/3
Реографический пок-ль, %	0,60±0,04	0,479±0,04	0,40±0,02	1/3, 2/3
Регион. минутный пульсовый объем крови, мл/мин/см <sup>3</sup>	5,94±0,51	3,95±0,32	3,6±0,15	1/2,1/3,2/3
Показатель состояния венозного оттока, %	2,51±0,81	3,20±0,82	5,65±1,22	1/2,1/3
Индекс Симонсона, %	3,82±1,24	16,32±3,79	25,88±3,39	1/2,1/3,2/3

Примечание: 1/2, 1/3, 2/3 – различия между группами статистически значимы при p<0,05.

Следует отметить, что на уровне венозного звена выявлены различия между спортсменами, тренирующими быстроту и выносливость. Энергообеспечение мышечной деятельности у спортсменов, тренирующих выносливость, обеспечивается в большей степени за счет процессов окислительного фосфорилирования, в связи с чем, потребность мышц в кислороде у спортсменов этой группы будет максимальной. Это достигается изменениями на уровне микроциркуляторного звена, что и подтвердили результаты наших исследований.

Результаты исследования показали, что устойчивая адаптация аппарата кровообращения к нагрузкам динамического характера сопровождается умеренной гипертрофией миокарда и дилатацией его полостей, увеличением времени нахождения крови в обменном звене. Морфофункциональные изменения аппарата кровообращения сопровождаются усилением парасимпатических влияний на сердечный ритм и усилением адренореактивности миокарда, что обеспечивает экономизацию функции сердца в покое и максимальную производительность при предельных нагрузках. Однако у спортсменов, выполняющих нагрузки динамического характера, но тренирующих различные

физические качества – быстроту и выносливость, выявлены различия в структуре метаболизма. У спортсменов группы «выносливость» адаптация аппарата кровообращения связана с увеличением аэробных механизмов энергообразования, о чем свидетельствует положительная корреляционная связь между показателями морфометрии и максимальным потреблением кислорода (КДО-МПК,  $r=0,69$ ; КСО-МПК,  $r=0,71$ ; ММЛЖ-МПК,  $r=0,61$ ,  $p<0,05$ ). У спортсменов, тренирующих скоростно-силовые качества, важную роль в структуре метаболизма миокарда занимают процессы анаэробного гликолиза, что подтверждает выявленная зависимость между морфофункциональными показателями миокарда и активностью лактатдегидрогеназы (КСО-ЛДГ,  $r=0,56$ ; ФВ-ЛДГ,  $r=-0,50$ ,  $p<0,05$ ).

У спортсменов, в тренировочном процессе которых преобладают нагрузки силовой направленности, признаки экономизации функции аппарата кровообращения выражены слабо: у них преобладают признаки умеренной гипертрофии миокарда без увеличения функциональных объемов сердца. Вероятно, адаптация сердечной мышцы к гиперфункции идет за счет активации пластических процессов и синтеза белка, о чем свидетельствует высокая активность аминотрансфераз, что, в конечном итоге, приводит к увеличению толщины сердечной мышцы. Показатели центральной и периферической гемодинамики (ЧСС, АД, УО, МОК) и показатели, характеризующие состояние регуляторных механизмов, находятся в пределах возрастных физиологических норм для здоровых, нетренированных людей. В структуре метаболизма увеличивается мощность анаэробных и снижается мощность аэробных путей ресинтеза АТФ, о чем свидетельствуют положительные корреляционные связи активности креатинфосфокиназы (КФК) и показателей морфометрии (КФК-КДО,  $r=0,97$ ; КФК-КСО,  $r=0,96$ ) и отрицательные – между показателями максимального потребления кислорода и показателями морфометрии (МПК/кг-УО,  $r=-0,76$ ; МПК/кг-МОК,  $r=-0,78$ ). Таким образом, механизмы долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузкам различной направленности связаны, в первую очередь, с перестройкой метаболических процессов, что согласуется с принципом преимущественного структурного обеспечения систем, доминирующих в процессе адаптации [Ф.З. Меерсон, 1988].

Существует ли такая специализация в детском возрасте? Известно, что адаптационные изменения в организме зависят как от характера мышечной деятельности, так и от уровня развития адаптивных механизмов и возможностей основных систем, обеспечивающих выполнение физических нагрузок. Можно предположить, что у детей и подростков, систематически занимающихся спортом в отличие от взрослых спортсменов, существуют иные механизмы компенсаторных (адаптивных) реакций физиологических систем в ответ на физическую нагрузку.

В исследовании принимали участие 182 спортсмена мужского пола четырех возрастных групп: 9–10 лет ( $n=43$ ), 11–12 лет ( $n=37$ ), 13–14 лет ( $n=58$ ), 15–16 лет ( $n=44$ ). Внутри каждого возрастного периода были выделены группы в зависимости от направленности тренировочного процесса: 1 группа –

тренировочный процесс направлен на развитие скоростно-силовых качеств (хоккей), 2 группа – тренировочный процесс направлен на развитие выносливости (плавание, лыжи).

В ходе исследования было выявлено отсутствие достоверных различий по уровню абсолютной и относительной работоспособности в зонах большой и субмаксимальной мощности между группами с разной направленностью тренировочного процесса в возрасте 9–10 и 15–16 лет. В возрасте 11–12 лет выявлены статистически значимые различия между группами: спортсмены, у которых тренировочный процесс направлен на развитие выносливости, обладали высокой работоспособностью в аэробно-анаэробном режиме (ЧСС 160–170 уд/мин). В 13–14 лет преимущества при выполнении нагрузки в анаэробном режиме имели спортсмены, тренирующие скоростно-силовые качества.

При проведении эхокардиографического обследования были выявлены различия лишь по отдельным показателям (УО, ММЛЖ, КДО/ММЛЖ) между подростками, занимающимися разными видами спорта (табл. 5). Отсутствие существенных различий по показателям морфометрии миокарда связано, вероятно, с динамическим характером нагрузок, преобладающих в тренировочном процессе подростков, участвующих в исследовании и отсутствии резко выраженной специализации на этапе спортивного совершенствования в данных видах спорта. Тем не менее, уже в подростковом возрасте отмечены различные тенденции в развитии механизмов долговременной адаптации сердца к нагрузкам разной направленности: у спортсменов первой группы (хоккей) в 15-16 лет адаптация миокарда к гиперфункции происходит за счет дилатации левого желудочка (КДО увеличивается на 16%) по отношению к возрасту 13-14 лет. У пловцов в возрасте 15-16 лет при незначительном увеличении объема левого желудочка (7%) отмечены признаки гипертрофии миокарда (увеличение МЖП (9%) и ЗСЛЖ (6%), снижение КДО/ММЛЖ).

Таблица 5

Морфофункциональные показатели сердечно-сосудистой системы у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса (M±m)

Показатели	13-14 лет		15-16 лет	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
КДР, см	4,29±0,25	4,46±0,09	4,68±4,60 (9%)	4,60±0,11 (3%)
КСР, см	2,81±0,08	2,84±0,10	2,82±0,09 (0,3%)	2,90±0,15 (2%)
МЖП, см	0,79±0,03	0,85±0,07	0,80±0,02 (1%)	0,93±0,08 (9%)
ЗСЛЖ, см	0,79±0,02	0,79±0,06	0,79±0,03 (0%)	0,84±0,05 (6%)
КДО, мл	88,19±8,17	91,08±4,14	102,68±6,28(16%)	97,64±5,48 (7%)
КСО, мл	30,29±2,15	31,29±2,72	30,72±2,16 (1%)	32,75±4,11 (4%)
УО, мл	57,90±6,81	59,79±2,05	71,96±4,53 (24%)	64,89±5,41* (9%)
ФВ, %	67,53±1,01	66,00±1,46	69,67±0,77 (3%)	66,25±3,39 (0%)
ММЛЖ, г	109,89±11,42	120,84±15,54	121,89±7,73(11%)	136,39±15,89(13%)
КДО/ММЛЖ, ед.	0,79±0,04	0,84±0,06	0,85±0,03 (8%)	0,74±0,07*(-12%)

Примечание: \* - различия статистически значимы при  $p < 0,05$ ; (%) – прирост показателя к предыдущему возрастному периоду; 1 – спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие скоростно-силовых качеств, 2 - спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие выносливости



При рассмотрении вопроса о механизмах адаптации к мышечным нагрузкам разной направленности важное место занимает энергетический, или биохимический аспект.

Нами выявлено, что в возрасте 9–10 и 15–16 лет различная направленность тренировочного процесса не оказывает существенных влияний на биоэнергетические характеристики юных спортсменов (табл. 6). В возрасте 11–12 лет организм наиболее чувствителен к нагрузкам аэробной направленности, что выражается в достоверном увеличении работоспособности в большой зоне мощности и показателей МПК у спортсменов 2 группы (табл. 10). В возрасте 13–14 лет уровень физической работоспособности в анаэробном режиме достоверно выше в группе спортсменов, у которых тренировочный процесс направлен на развитие скоростно-силовых качеств, что связано с увеличением мощности гликолитического механизма энергообеспечения у представителей этой группы.

Таблица 6

Биоэнергетические показатели юных спортсменов при выполнении дозированных физических нагрузок ( $M \pm m$ )

Показатели	Группы	Возраст, лет			
		9-10	11-12	13-14	15-16
МПК, мл/мин	1	2015,7±18,2	1994,5±46,3	2500,1±54,4	3846,1±91,8
	2	1995,3±23,1	2345,1±53,2*	2661,2±56,2	3781,8±95,6
МПК/кг, мл/мин/кг	1	56,3±1,4	52,4±1,8	50,9±1,5	54,6±1,1
	2	55,2±1,5	56,6±1,3*	50,7±1,4	56,3±1,3
Лактат, ммоль/л (покой)	1	1,36±0,13	1,88±0,14	1,92±0,16	1,72±0,08
	2	2,1±0,11	2,15±0,12	2,34±0,18	1,83±0,13
Лактат, ммоль/л (нагрузка)	1	5,9±0,34	8,02±0,43	10,13±0,46	10,16±0,27
	2	6,2±0,41	7,53±0,33	7,09±0,37*	9,26±0,72
Лактат, ммоль/л (восстановление)	1	4,55±0,37	5,78±0,55	8,14±0,5	7,99±0,33
	2	5,22±0,31	6,38±0,47	6,79±0,47	7,35±0,43

Примечание: \* - статистически значимые различия при  $p < 0,05$ ; 1 – спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие скоростно-силовых качеств, 2 - спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие выносливости

В возрасте от 9 до 16 лет различная направленность тренировочного процесса не вызывает существенных специфических изменений в биоэнергетических характеристиках юных спортсменов, что, вероятно, связано с происходящими структурно-функциональными преобразованиями мышечной ткани в детском и подростковом возрасте и отсутствием четко выраженной специализации на начальных этапах занятий спортом. Полученные нами результаты согласуются с мнением зарубежных исследователей, которые пришли к заключению, что спортсмены препубертатного и пубертатного периодов по сравнению со взрослыми спортсменами являются менее специализированными в аэробных и анаэробных видах деятельности [G. Falgairette et al., 1993; T. Rowland, 2002]. Однако следует отметить, что нагрузки различной направленности оказывают влияние на отдельные параметры биоэнергетики в определенные возрастные периоды. Занятия видами спорта, в которых преобладают нагрузки аэробного характера, способствуют увеличению запасов

гликогена печени, наиболее значимо это проявляется в возрасте 11–12 лет. Занятия видами спорта, тренировочный процесс которых направлен на развитие скоростно-силовых качеств, способствуют развитию гликолитического механизма энергообразования в возрасте 13–14 лет.

Направленность тренировочного процесса не вызывает специфических изменений фоновых показателей variability сердечного ритма в возрасте 9-16 лет (табл. 7). Полученные данные согласуются с результатами исследования А.Ю. Шевченко (2006), которые выявили различия только у квалифицированных спортсменов.

Таблица 7

Показатели спектрального анализа сердечного ритма спортсменов 9-16 лет в состоянии относительного покоя ( $M \pm m$ )

Показатели	Группы	Возраст, лет			
		9-10	11-12	13-14	15-16
TP, $ms^2$	1	5948,6±789,8	5971,87±889,5	5761,42±716,2	6037,59±842
	2	4720,5±623,4	4465,31±394,08	3894,8±897,6	4826,42±911,37
VLF, $ms^2$	1	1183,8±124,3	1683,16±263,56	1287,38±167,3	2051,72±276,5
	2	915,85±82,00	1476,71±154,84	1114,89±134,32	1350,25±375,4
LF, $ms^2$	1	1784,87±314,87	1759,74±246,35	1904,54±316,21	1801,38±284,99
	2	1373,1±162,3	1346,57±73,82	1560,11±455,23	1135,25±182,1
HF, $ms^2$	1	2979,87±408,5	2529,11±517,94	2565,3±783,31	2184,50±429,96
	2	2431,6±286,4	2041,86±290,51	1746,44±674,7	2340,75±666,8

Примечание: 1 – спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие скоростно-силовых качеств, 2 - спортсмены, тренировочный процесс направлен на развитие выносливости

Однако при использовании большого объема аэробных нагрузок (на выносливость) отмечено замедление функционального созревания симпатического отдела ВНС, нагрузки скоростно-силового характера, предлагаемые в игровой форме, способствуют формированию индивидуального типа регуляции уже на начальных этапах занятий спортом (рис.16).

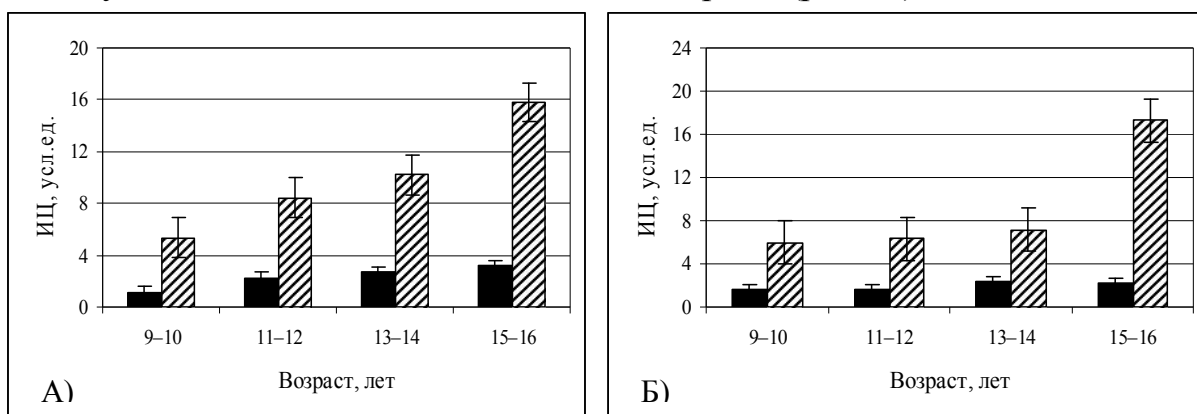


Рис. 16. Индекс централизации (ИЦ, усл.ед.) в состоянии покоя и при проведении АОП у юных спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса

Примечание: А) – 1 группа, Б) – 2 групп; ■ - покой ▨ - АОП

Таким образом, в детском и подростковом возрасте направленность тренировочного процесса не вызывает существенных специфических изме-

нений морфофункциональных показателей аппарата кровообращения, показателей, характеризующих состояние регуляторных механизмов, и показателей биоэнергетики, свойственных для спортсменов старших возрастных групп. Нагрузки различной направленности оказывают влияние лишь на отдельные параметры биоэнергетики в определенные возрастные периоды, что проявляется в различном уровне работоспособности юных спортсменов в разных пульсовых режимах.

### **Состояние физиологических систем организма спортсменов на разных этапах годичного цикла**

Фазовый характер адаптации указывает на то, что развитие тренированности – стадийный, циклический процесс. Для выявления особенностей вегетативного обеспечения мышечной деятельности в течение годичного тренировочного цикла были проведены динамические наблюдения за представителями циклических (шорт-трек, n=18) и игровых (гандбол, n=22) видов спорта.

Как показали результаты исследования, показатели гемодинамики у спортсменов высокой квалификации циклических и игровых видов спорта в течение годичного цикла меняются незначительно. Рост тренированности сопровождается изменениями в системе регуляции и энергообеспечения мышечной деятельности, которые тесно взаимосвязаны между собой.

В частности, у представителей игровых видов спорта (на примере гандбола) наблюдается достоверное увеличение общей мощности спектра в течение подготовительного периода (1, 2 обследование) и в первой половине соревновательного (3, 4 обследование), что свидетельствует о росте тренированности спортсменов.

Таблица 8

#### **Фоновые показатели спектрального анализа ВСР у гандболистов на разных этапах годичного цикла (M±m)**

№ обследования	Показатели			
	TP, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>
1	2781,3±236,31	991,9±111,25	1099,11±158,76	690,67±159,17
2	4663,67±702,05	1592,11±299,09	1445,22±221,30	1626,67±348,70
3	5275,44±765,3	1710,44±380,65	1579,67±439,26	1985,78±632,65
4	8014,88±788,3	2454,13±460,51	2271,63±787,22	3289,13±786,45
5	4431,15±880,57	1565,46±395,63	1307,46±245,65	1558,23±379,17
6	3926,00±633,41	1604,40±361,97	904,70±119,17	1417,40±323,89
Различия	1/2, 1/3, 1/4, 1/5	1/2, 1/3, 1/4, 1/6		1/2, 1/3, 1/4, 1/5

Примечание: 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6 – различия между обследованиями статистически значимы при p<0,05

Рост общей мощности спектра происходит за счет увеличения всех составляющих спектра, хотя основной вклад принадлежит HF-составляющей спектра. Во втором круге соревнований (5, 6 обследования) отмечено досто-

верное снижение показателей спектрального анализа variability ритма сердца, наблюдается снижение всех составляющих спектра (табл.8).

При проведении АОП нами отмечено снижение общей мощности спектра (рис.17А) и высокочастотной составляющей спектра на всех этапах годовичного цикла (рис.17Б), что свидетельствует о сохранении функциональной активности парасимпатического отдела ВНС на всех этапах обследования.

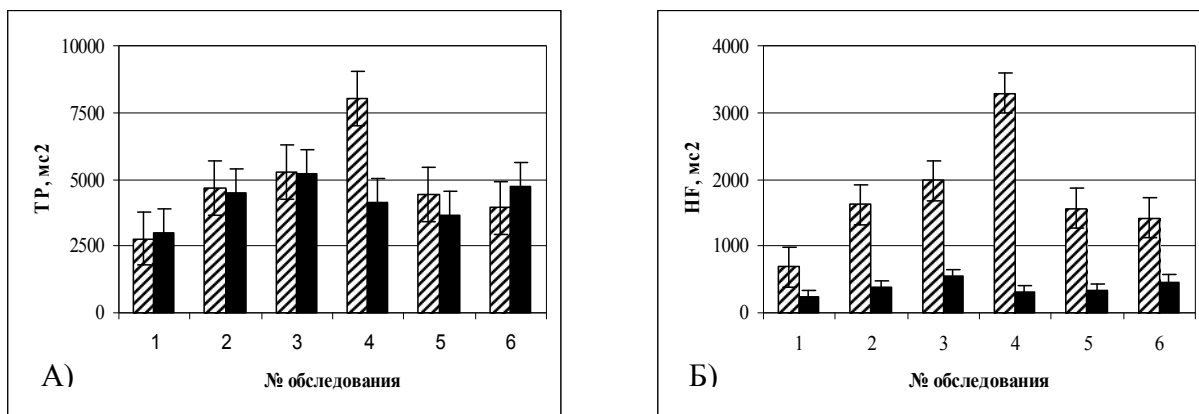


Рис. 17. Показатели общей мощности спектра (ТР, мс<sup>2</sup>) (А) и абсолютной мощности HF-волн (мс<sup>2</sup>) (Б) у гандболистов в покое и при проведении АОП в течение годовичного цикла  
Примечание: - покой, - АОП

Снижение роли высших надсегментарных отделов ВНС (VLF-компонента) в процесс срочной адаптации сердечно-сосудистой системы отмечено только в конце 1 круга соревнований (4 обследование), на остальных этапах годовичного цикла отмечено вовлечение центральных структур в адаптационный процесс (рис. 18А). Активность симпатического регуляторного звена (LF-волн) при проведении АОП увеличивается в подготовительном и в начале соревновательного периода, но к концу 1 круга соревнований (4 обследование) и на протяжении 2-й половины соревновательного периода (5, 6 обследование) отмечено снижение функциональной активности симпатического звена ВНС (рис. 18Б), что сопровождается уменьшением физической работоспособности и эффективности технико-тактических действий гандболистов (рис 19).

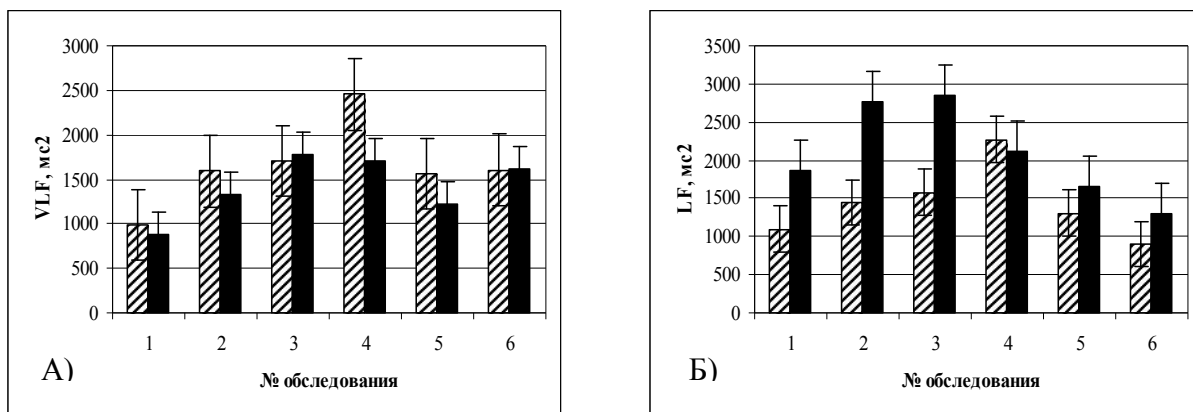


Рис. 18. Показатели абсолютной мощности VLF-волн (А) и LF-волн (Б) у гандболистов в состоянии покоя и при проведении АОП в течение годовичного цикла  
Примечание: - покой, - АОП

При анализе эффективности соревновательной деятельности квалифицированных гандболистов в течение годовичного цикла выявили, что при незначительном увеличении общего количества игровых действий в матчах 2-ого круга (5, 6 тур) по отношению к 1-ому кругу соревнований, уменьшается количество заброшенных мячей, как в позиционном, так и в стремительном нападении (рис.19А), увеличивается количество незаброшенных мячей (рис.19Б).

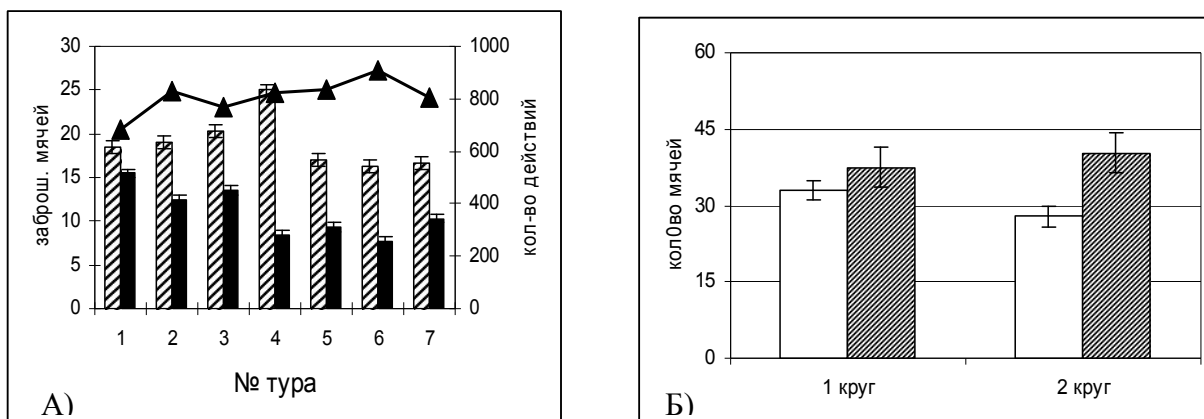


Рис. 19. Эффективность игровой деятельности гандболистов в соревновательном периоде

Примечание:

- кол-во мячей, заброшенных в позиционном нападении
- кол-во мячей, заброшенных в стремительном нападении
- среднее кол-во мячей, заброшенных за игру
- среднее кол-во мячей, незаброшенных за игру
- общее кол-во действий команды за игру

Таким образом, при форсировании тренировочных нагрузок, а также при психоэмоциональных нагрузках, которые испытывают спортсмены в ходе соревновательного периода, происходит снижение функциональной активности симпатического отдела ВНС, что не позволяет спортсмену достигнуть высоких спортивных результатов из-за снижения адаптационно-трофической функции симпатического отдела ВНС.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптация к физической нагрузке – типичный пример адаптации на системном уровне. Анализ реакции вегетативных систем организма на мышечную деятельность затруднен без использования системного подхода, поскольку выполнение физической нагрузки обеспечивается сложной иерархией функциональных систем, включающих большой спектр взаимодействующих систем низшего порядка, достаточный и необходимый для достижения определенного биологически и социально значимого конечного приспособительного результата [С.М. Ксенц, 1986].

На основе результатов проведенного исследования мы пришли к заключению о том, что при систематическом выполнении физических нагрузок у спортсменов формируется функциональная система вегетативного обеспечения мышечной деятельности (ВОМД). Как и любая другая функциональная

система, система вегетативного обеспечения мышечной деятельности включает в себя все основные центральные и периферические механизмы: полезный приспособительный результат (системообразующий фактор), рецепторы результата, обратную афферентацию, поступающую от рецепторов результата в центральные образования функциональной системы, центральную архитектуру, представляющую избирательное объединение функциональной системой нервных элементов различных уровней, исполнительные соматические, вегетативные и эндокринные компоненты.

При адаптации к мышечным нагрузкам происходят изменения во всех звеньях функциональной системы: как в морфофункциональных системах (сердечно-сосудистой, дыхательной, энергообеспечения мышечной деятельности), так и в регуляторных механизмах (ВНС, ЦНС).

Анализ полученных экспериментальных данных с позиции теории функциональных систем выявил, что функциональная система ВОМД оказывает влияние на внутрисистемные взаимоотношения процессов, которые определяют уровень физической работоспособности спортсмена и достижение высоких спортивных результатов.

Важнейшим рабочим механизмом, осуществляющим практическую реализацию вегетативного обеспечения мышечной деятельности, является активация отделов вегетативной нервной системы (рис.20).

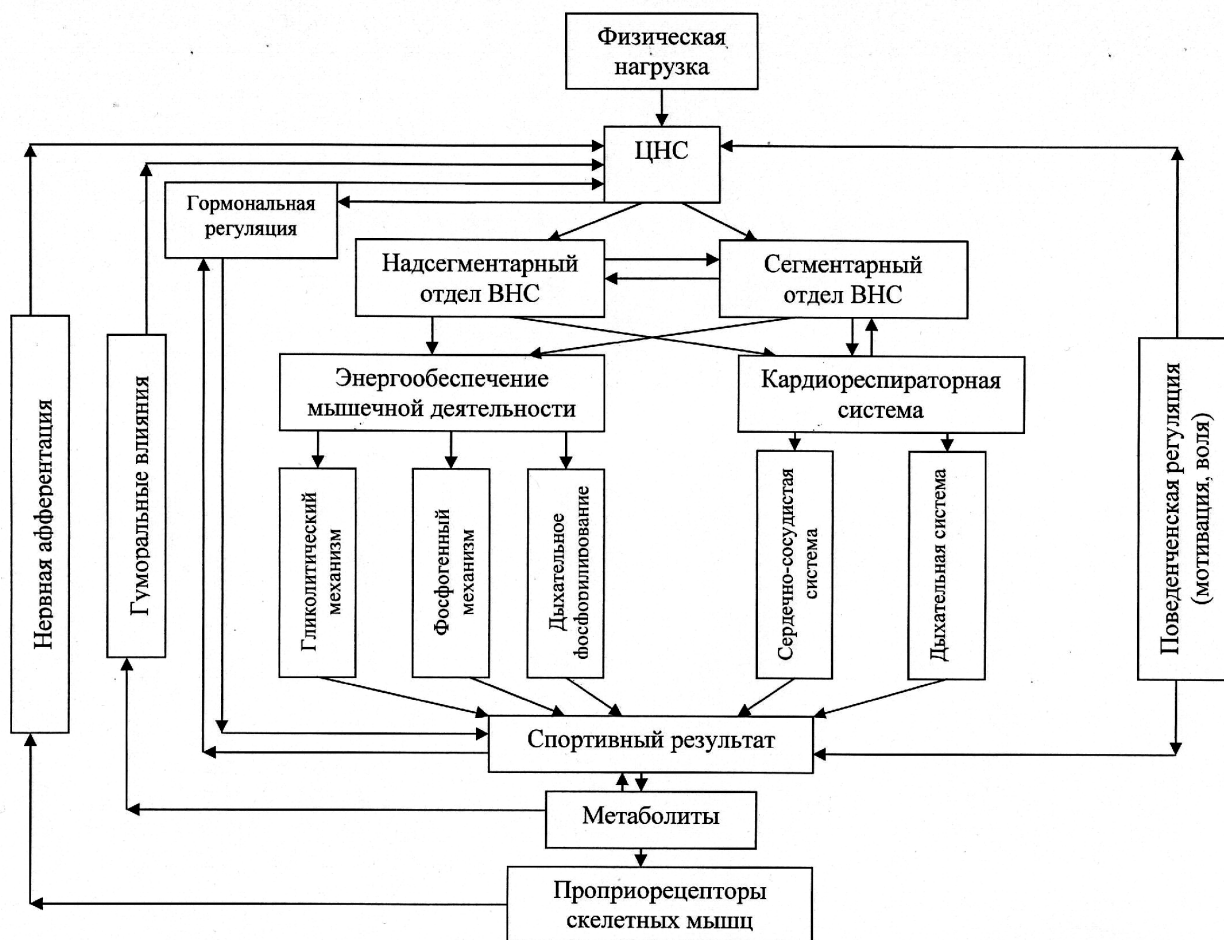


Рис. 20. Схема функциональной системы вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов

Формирование функциональной системы ВОМД длится на протяжении всего времени занятий спортом. Системогенез ВОМД, как и любой другой функциональной системы, происходит поэтапно, неравномерно, в соответствии со все более усложняющимися формами взаимодействия организма и среды, каковыми являются тренировочные и соревновательные нагрузки на этапах становления спортивного мастерства.

При формировании любой функциональной системы должен соблюдаться ряд основных принципов.

Принцип гетерохронии при формировании ФС ВОМД реализуется следующим образом: у детей и подростков, занимающихся спортом (9–14 лет), надсегментарный уровень вегетативной нервной системы сформирован и участвует в реализации процессов срочной адаптации на начальных этапах занятий спортом. Формирование сегментарных отделов ВНС заканчивается у спортсменов к 17–18 годам. Систематическое воздействие физической нагрузки на организм усиливает гетерохронный характер созревания сегментарных отделов ВНС у спортсменов разного пола. Кроме того, гетерохрония проявляется и в формировании подсистем – энергообеспечения и сердечно-сосудистой.

Принцип фрагментации указывает на постепенное созревание, на неоднородный состав органа в каждый момент развития. И в первую очередь развиваются те его фрагменты, которые будут необходимы для реализации жизненно важной функции в ближайший период онтогенеза. Действительно, при воздействии физической нагрузки на организм независимо от пола и индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции на первоначальных этапах адаптации к мышечной деятельности основную роль играет надсегментарный отдел ВНС. По мнению ученых, регуляция вегетативных функций организма при мышечной деятельности за счет активации высших вегетативных центров (гипоталамо-гипофизарного и коркового) является менее выгодным для организма, но более надежным способом реализации процессов срочной адаптации.

Принцип консолидации компонентов функциональной системы начинает действовать с того момента, когда отдельные, отдельно созревающие ее компоненты достигают той степени зрелости, которая оказывается достаточной для их объединения в систему. У спортсменов функциональная система вегетативного обеспечения мышечной деятельности формируется к 17–18 годам, при этом центральное положение занимают механизмы вегетативной регуляции функций, и организм выходит на новый уровень функционирования: отмечен значительный прирост работоспособности в разных пульсовых режимах, усиление инотропной функции сердца при выполнении физических нагрузок, экономичная работа кардиореспираторной системы в покое и при выполнении физических нагрузок.

Принцип минимального обеспечения функциональной системы заключается в том, что по мере созревания отдельных структурных единиц происходит их объединение в минимальную, несовершенную, но, тем не менее, функционально полноценную систему. Благодаря этому она начинает вы-

полнять приспособительную роль задолго до того, как полностью созреет и все ее звенья получат окончательное структурное оформление. Действительно, уже на начальных этапах адаптации к мышечным нагрузкам у юных спортсменов начинает формироваться функциональная система вегетативного обеспечения мышечной деятельности. Хотя деятельность ее подсистем и их взаимодействие во многом не совершенны (например, у детей и подростков признаки экономизации сердечной деятельности в покое менее выражены, чем у высококвалифицированных спортсменов, реакция регуляторных подсистем на нагрузку зачастую избыточна, либо недостаточна). Кроме того, у юных спортсменов признаки специфичности адаптации к нагрузкам разной направленности, практически отсутствуют из-за несформированности компонентов функциональной системы.

Результаты проведенного исследования согласуются с представлениями о популяционном системогенезе, которые ставят вопрос о неоднородности людей. В ходе исследования была выявлена неоднородность спортсменов разного возраста и обоснованы индивидуально-типологические особенности формирования срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам у людей, занимающихся спортом, с различным исходным вегетативным тонусом.

## ВЫВОДЫ

1. Развитие механизмов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов продолжается дольше, чем у не занимающихся спортом (до 17–18 лет) и характеризуется гетерохронным характером формирования сегментарных отделов ВНС, выраженным в большей степени у мужчин. В состоянии покоя признаки «незрелости» холинергических механизмов регуляции отражают отставание в развитии симпатического отдела ВНС.

2. На начальных этапах занятий спортом (9–14 лет) регуляция сердечно-сосудистой системы со стороны адренергических механизмов у спортсменов приближается к уровню взрослого организма, что обеспечивает эффективную работу аппарата кровообращения при выполнении физических нагрузок. У спортсменов мужского пола отставание в развитии как симпатического, так и парасимпатического отдела ВНС снижает адаптивные возможности организма при выполнении физических нагрузок в детском и подростковом возрасте.

3. В детском и подростковом возрасте у спортсменов обоего пола реализация срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к воздействию внешних факторов осуществляется с участием надсегментарного (гипоталамо-гипофизарного и коркового) уровня ВНС. Индивидуально-типологические особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов формируются к 16-летнему возрасту. В группе ваготоников срочная адаптация сердечно-сосудистой системы происходит за счет процессов саморегуляции, без подключения центральных структур; в группе эйтоников – за счет умеренной активации симпатического отдела ВНС; в



группе симпатотоников – за счет избыточного увеличения активности адренергических механизмов и высших надсегментарных структур.

4. Механизмы долговременной адаптации к мышечным нагрузкам определяются активностью отделов вегетативной нервной системы в состоянии покоя. Преобладание фоновой активности симпатического отдела ВНС обеспечивает высокий уровень работоспособности в субмаксимальном режиме на начальных этапах адаптации к физическим нагрузкам, в зрелом возрасте (19–25 лет), по мере увеличения стажа занятий, реакции со стороны симпатoadреналовой системы становятся неэффективными, что сопровождается снижением уровня физической работоспособности. Преобладание фоновой активности парасимпатического отдела ВНС снижает уровень физической работоспособности в субмаксимальном режиме в возрасте 9–14 лет, с увеличением возраста и стажа занятий (19–25 лет) у ваготоников отмечено повышение адаптационно-приспособительных возможностей организма и рост работоспособности.

5. В детском и подростковом возрасте нагрузки различной направленности не вызывают существенных специфических изменений в работе сердечно-сосудистой системы, показателях биоэнергетики и системе вегетативной регуляции. У взрослых спортсменов адаптация к специфической мышечной деятельности связана с перестройкой структуры энергообеспечения, изменением морфофункциональных показателей сердечно-сосудистой системы и характера вегетативной регуляции.

6. Рост работоспособности у спортсменов высокой квалификации обеспечивается усилением холинергических влияний на сердечный ритм и специфическими изменениями биоэнергетических показателей; снижение работоспособности связано с усилением централизации в управлении сердечным ритмом в состоянии покоя и снижением функциональной активности симпатического отдела ВНС при выполнении функциональных проб.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Для организации врачебно-педагогического контроля тренировочного процесса и диагностики состояния здоровья спортсменов целесообразно использовать методику комплексной оценки вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов разного возраста, которая включает исследование вегетативного гомеостаза, показателей центральной и периферической гемодинамики в состоянии покоя, определение физической работоспособности в разных пульсовых режимах, проведение кардиоваскулярных тестов и функциональных проб с физической нагрузкой на велоэргометре с параллельной регистрацией показателей вариабельности сердечного ритма, оценку процессов срочного восстановления на основе анализа гемодинамических показателей и показателей вариационной пульсометрии.

Для реализации индивидуального подхода к построению и коррекции тренировочного процесса рекомендуется использовать показатели, отражающие состояние вегетативного гомеостаза. Для спортсменов с преоблада-

нием фоновой активности симпатического отдела ВНС проходить углубленное медицинское обследование не реже 3-4 раз в год, при повышении централизации в регуляции сердечного ритма в покое и снижении функциональной активности симпатического отдела при проведении ортостатической пробы рекомендуется ограничить участие в соревнованиях и снизить объем нагрузок скоростно-силовой направленности. Для спортсменов с преобладанием холинергических влияний в детском и подростковом возрасте включать в тренировочный процесс игры, эстафеты и другие упражнения, повышающие эмоциональный фон, что стимулирует развитие симпатического отдела ВНС и способствует формированию регуляторных механизмов. Использовать показатели вариабельности ритма сердца в качестве информативных критериев тренированности организма и интенсивности метаболических процессов на разных этапах годичного цикла.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кудря, О.Н. Особенности энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении физических нагрузок юными спортсменами 9-10 лет / О.Н. Кудря, Т.А. Линдт // Физиология организмов в нормальном и экстремальном состояниях: Материалы Всероссийской конференции. – Томск, 2001. – С. 150–155.
2. Кудря, О.Н. Взаимосвязь показателей гемодинамики и биоэнергетики с физическим развитием юных спортсменов 9–14 лет / О.Н. Кудря // Первый Международный научный конгресс «Спорт и здоровье»: Материалы конгресса в двух томах / Россия, Санкт-Петербург: Олимп–СПб, 2003. – Т. II. – С. 312–314.
3. Кудря, О.Н. Особенности адаптации к физическим нагрузкам хоккеистов с различным исходным состоянием вегетативной нервной системы / О.Н. Кудря, Т.А. Линдт // Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: Тез. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. / Кемерово, 18-19 мая 2004 г. – С. 208–210.
4. Кудря, О.Н. Адаптация к физическим нагрузкам хоккеистов высокой квалификации / О.Н. Кудря, Т.А. Линдт // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – Том 90. – №8, ч. 2. – Санкт-Петербург: «Наука», 2004. – С. 204–205.
5. Кудря, О.Н. Особенности физического развития юных спортсменов 9-14 лет / О.Н. Кудря // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – Том 90. – №8, ч. 2. – Санкт-Петербург: «Наука», 2004. – С. 202
6. Кудря О.Н., Вернер В.В. Влияние нагрузок различной интенсивности на функциональное состояние детей 10–11 лет / О.Н. Кудря // Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: Тез. докл. Всеросс. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию Победы / Кемерово, 17-18 мая 2005г. – С. 169–172.
7. Кудря, О.Н. Адаптация к физическим нагрузкам разной направленности юных спортсменов 10–13 лет / О.Н. Кудря // Тезисы докладов V Сибирского физиологического съезда. – Томск: СибГМУ, 2005. – С. 152.
8. Кудря, О.Н. Функциональное состояние организма пловцов 15-16 лет в соревновательный период / О.Н. Кудря, Л.Е. Белова // Научные труды. Ежегодник за 2006 год. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2006. – С. 125–127.
9. Кудря, О.Н. Особенности вегетативного обеспечения сердечно-сосудистой системы пловцов 15-16 лет в соревновательный период / О.Н. Кудря // **Вестник ЮУрГУ, серия «Образование, здравоохранение, физическая культура».** – №3(58). – 2006. – С. 43–46.
10. Кудря, О.Н. Состояние вегетативной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // Проблемы

развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Кемерово, 24-25 мая 2007 г. – С. 274–278

11. Кудря, О.Н. Функциональное состояние спортсменов разного пола в соревновательный период / О.Н. Кудря // Физическая культура, здравоохранение и образование. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Изд-во Аграф-Пресс, 2007. – С. 64–68.

12. Кудря, О.Н. Сравнительный анализ оценки энергосостояний спортсменов методом газоразрядной визуализации и методом тестирующих нагрузок / О.Н. Кудря // Научные труды. Ежегодник за 2007 год. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2007. – С. 125–129

13. Кудря, О.Н. Адаптационные изменения в организме спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта / О.Н. Кудря // Организация, управление и технологии в физической культуре и спорте. Материалы заочной региональной научно-практической конференции, 10 ноября 2007г., Томск: Издательство Томского ЦНТИ, 2007. – С. 214–217.

14. Кудря, О.Н. Реакция сердечно-сосудистой системы спортсменов 15-16 лет на дозированную физическую нагрузку / О.Н. Кудря // Совершенствование системы физического воспитания, спортивной тренировки и оздоровления различных категорий населения: Материалы VI-ой Всероссийской научной конференции / Под ред. С.И. Логинова. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2007. – С. 131–134.

15. Кудря, О.Н. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и энергообеспечения мышечной деятельности у высококвалифицированных тяжелоатлетов / О.Н. Кудря // Материалы Междунар. научн. конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед 2007». – Москва: Изд-во «Физическая культура», 2007. – С. 130–133.

16. Кудря, О.Н. Оценка функционального состояния организма высококвалифицированных спортсменов 15-16 лет / О.Н. Кудря // Материалы Междунар. науч. конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед 2007». – Москва: Изд-во «Физическая культура», 2007. – С. 32–35.

17. Кудря, О.Н. Состояние функциональных систем организма спортсменов в годичном цикле тренировки / О.Н. Кудря // VI Сибирский физиологический съезд. Тезисы докладов. – Барнаул: Принтэкспресс, 2008. – В 2 томах. Т. II. – С. 99.

18. Кудря, О.Н. Оценка адаптационных реакций организма спортсменов на различных этапах годичного цикла / О.Н. Кудря // Актуальные вопросы физической культуры и спорта: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2008. – С. 151–155.

19. Кудря, О.Н. Факторы, определяющие работоспособность юных спортсменов / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово: КУЗБАССВУЗИЗДАТ, 2008. – С. 166–170.

20. Кудря, О.Н. Показатели физиологических систем организма спортсменов на разных этапах годичного цикла / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // **Теория и практика физической культуры. – 2008. – №7. – С. 67-71.**

21. Кудря, О.Н. Показатели функциональной готовности организма спортсменов к выполнению соревновательных нагрузок / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // Использование информационных технологий для повышения эффективности учебно-методической и научно-исследовательской работы в училищах олимпийского резерва: материалы научно-практической конференции. – Брянск: Издательство Курсив, 2008. – С. 178–183

22. Кудря, О.Н. Индивидуально-типологические особенности функциональной готовности подростков разного пола к выполнению физических нагрузок / О.Н. Кудря // Физическая культура, здравоохранение и образование: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Томский государственный университет, 2008. – С. 196–201.

23. Кудря, О.Н. Метод математического анализа сердечного ритма в оценке адаптированности организма спортсменов к соревновательным нагрузкам / О.Н. Кудря // *Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение: Материалы IV Всероссийского симпозиума*. – Ижевск: УлГУ, 2008. – С.156–159.
24. Малер, М.В. Латеральный фенотип и адаптоспособность сердечно-сосудистой системы спортсменов при выполнении дозированных нагрузок / М.В. Малер, **О.Н. Кудря**, Е.В. Фомина // *Журнал Российской Ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов*. – № 4 (27). – 2008. Материалы III Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед-2008». – С. 31–35.
25. Малер, М.В. Влияние межполушарных взаимоотношений на работу сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных спортсменов / М.В. Малер, **О.Н. Кудря**, Е.В. Фомина // *Современное состояние и перспективы внедрения инновационных технологий в спорте и системе физкультурного образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. – Набережные Челны: КАМГАФКСиТ, 2008. – С. 185–186.
26. Кудря, О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на вариабельность ритма сердца спортсменов / О.Н. Кудря // *Бюллетень сибирской медицины*. – **2009**. – **Т.8**. – **№1**. – С. 36–42.
27. Кудря, О.Н. Вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы и системы энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении дозированных нагрузок юными спортсменами / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // *Теория и практика физической культуры*. – **2009**. – **№3**. – С. 36-42.
28. Малер, М.В. Стратегии адаптации к физической нагрузке высококвалифицированных спортсменов с различными латеральными фенотипами /М.В. Малер, **О.Н. Кудря**, Е.В. Фомина // *Теория и практика физической культуры*. – **2009**. – **№9**. – С. 71–74.
29. Кудря, О.Н. Влияние статических нагрузок на функциональное состояние организма юношей 18-20 лет / О.Н. Кудря // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. – 2009. – №1(25). – С. 355–356.
30. Малер, М.В. Проблема здоровья в спорте высших достижений / М.В. Малер, **О.Н. Кудря**, Е.В. Фомина // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. – 2009. – №1(25). – С. 297.
31. Кудря, О.Н. Показатели спектрального анализа ВРС у спортсменов с учетом возраста и спортивной специализации / О.Н. Кудря // *Научные труды: ежегодник*. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2009. – С. 227–233
32. Кудря, О.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / О.Н. Кудря // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – **2009**. – **№3 (63)**. – С. 20–26.
33. Кудря, О.Н. Использование показателей сердечного ритма для прогнозирования спортивной деятельности / О.Н. Кудря // *Современный олимпийский спорт и спорт для всех: Материалы XIII Международного научного конгресса*. – Алматы: КазАСТ, 2009. – С. 401–404
34. Кудря, О.Н. Влияние направленности тренировочного процесса на показатели сердечно-сосудистой системы юных спортсменов / О.Н. Кудря // *Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных органов и систем в норме и при патологии: Материалы научной конференции с международным участием*. – Томск: СибГМУ, 2009. – С.195–198.
35. Кудря, О.Н. Энергообеспечение мышечной деятельности у спортсменов 10-16 лет с разной направленностью тренировочного процесса / О.Н. Кудря // *Журнал Российской Ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов*. – 2009.– № 4 (31). – С.71–76
36. Малер, М.В. Эффективность работы сердца и работоспособность высококвалифицированных спортсменов с различными латеральными фенотипами / М.В. Малер, **О.Н.**

**Кудря, Е.В. Фомина // Физическая культура и здоровье студентов ВУЗов: Материалы V Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во СПбГУП, 2009. – С. 103–105.**

37. Кудря, О.Н. Реактивность вегетативной нервной системы на разных этапах онтогенеза / О.Н. Кудря // Научные труды: Ежегодник. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2010. – С. 73–77.

38. Кудря, О.Н. Вегетативное обеспечение сердечно-сосудистой системы при ортостатическом тестировании спортсменов / О.Н. Кудря // **Бюллетень сибирской медицины. – 2010. – Т.9. – №3. – С. 36-42.**

39. Кудря, О.Н. Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у спортсменов разного пола / О.Н. Кудря // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы III Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2010. – С. 247–250.

40. Кудря, О.Н. Индивидуально-типологические особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов / О.Н. Кудря // Итоговый сборник научных материалов V Международной науч. конфер. по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед-2010». – С.154–158.

41. Кудря, О.Н. Роль вегетативной регуляции в формировании механизмов долговременной адаптации к физическим нагрузкам / О.Н. Кудря // **Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – №2(86). – С. 17-24.**

42. Кудря, О.Н. К вопросу о регуляции углеводного обмена при мышечной деятельности / О.Н. Кудря // **Омский научный вестник. Серия: Ресурсы Земли. Человек. – 2011. – №1(104). – С. 213–216.**

43. Кудря, О.Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании / О.Н. Кудря // **Вестник ТГПУ. – 2011. – №5 (107). – С. 55–61.**

44. Кудря, О.Н. Тип вегетативной регуляции как фактор, определяющий развитие долговременной адаптации у спортсменов / О.Н. Кудря // Системные и клеточные механизмы в физиологии двигательной системы: Материалы VI Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности. – М.: Графика-Сервис, 2011. – С. 117.

45. Кудря, О.Н. Типологические особенности вегетативной регуляции и адаптация к мышечным нагрузкам / О.Н. Кудря // **ЧЕЛОВЕК, СПОРТ, ЗДОРОВЬЕ: Материалы V Международного конгресса / Под ред. В.А. Таймазова. – СПб.: Изд-во «Олимп-СПб», 2011. – С. 361.**

46. Кудря, О.Н. Механизмы долговременной адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом / О.Н. Кудря // *Sportul Olimpic si sportul pentru toti: Materialele Congresului St. Intern.: [in vol.] / col.red.: Manolachi V., Danail S. – Vol.2. – 2011. – P. 241–244*

47. Кудря, О.Н. Физическая работоспособность и энергообеспечение мышечной деятельности юных спортсменов, занимающихся различными видами спорта / О.Н. Кудря // **Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – №8. – С. 36–40.**

48. Оптимизация тренировочного процесса гандболистов на подготовительном этапе годового цикла / **О.Н. Кудря, Н.П. Филатова, А.Ю. Асеева, О.С. Шалаев // Теория и практика физической культуры. – 2011. – №12. – С.72–77.**

49. Кудря, О.Н. Динамика показателей variability сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта в годовом цикле подготовки / О.Н. Кудря // Variability сердечного ритма: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 110–115.

50. Кудря, О.Н. Гемодинамические и биоэнергетические показатели спортсменов циклических видов спорта в годовом цикле подготовки / О.Н. Кудря // Физическая куль-

тура, здравоохранение и образование: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: Томский государственный университет, 2011. – С. 178-181.

51. Кудря, О.Н. Влияние нагрузок скоростно-силовой направленности на функциональное состояние спортсменов разного пола (динамические исследования) / О.Н. Кудря // **Лечебная физкультура и спортивная медицина.** – 2011. – №12(96). – С. 17–23.

52. Кудря, О.Н. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов, снижающих массу тела / О.Н. Кудря, М.А. Гамецкий // Физкультурное образование Сибири: научно-методический журнал. – №2(28) – Омск: Изд-во СибГУФК, 2011. – С.70–73.

53. Кудря, О.Н. Вегетативное обеспечение мышечной деятельности: **монография** / О.Н. Кудря. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2011. – 200 с.

54. Показатели вариабельности сердечного ритма в динамике годового цикла и эффективность соревновательной деятельности гандболистов / **О.Н. Кудря**, Н.П. Филатова, А.Ю. Асеева, О.С. Шалаев // **Теория и практика физической культуры.** – 2012. – №3. – С. 55–59.

55. Кудря, О.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О.Н. Кудря, Л.Е. Белова, Л.В. Капилевич // **Вестник ТГУ.** – 2012. – №3(356). – С. 162–166.

56. Кудря, О.Н. Возрастные аспекты вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов разного пола / О.Н. Кудря // **Российский медико-биологический вестник им. И.П. Павлова.** – 2012. – №1. – С. 64–69.

57. Кудря, О.Н. Особенности вегетативного обеспечения соревновательной деятельности в гандболе / О.Н. Кудря // Системные и клеточные механизмы в физиологии двигательной системы: Материалы IV Всероссийской с международным участием школы-конференции по управлению движением, приуроченной к 90-летию кафедры физиологии ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ». – М.: Графика-Сервис, 2012. – С. 76.

58. Кудря, О.Н. Особенности периферической гемодинамики спортсменов при адаптации к нагрузкам различной направленности / Кудря, О.Н., М.А. Кирьянова, Л.В. Капилевич // **Бюллетень сибирской медицины.** – 2012. – №3. – С. 48–52.

### Список сокращений

АД	- артериальное давление
САД	- систолическое артериальное давление
ДАД	- диастолическое артериальное давление
АДср	- среднее артериальное давление
АМо	- амплитуда моды
АОП	- активная ортостатическая проба
АТФ	- аденозинтрифосфорная кислота
ВНС	- вегетативная нервная система
ВСР	- вариабельность сердечного ритма
ВР	- вариационный размах
ДП	- двойное произведение
ДИА	- диастолический индекс
ДИК	- дикротический индекс
ИН	- индекс напряжения
ИЭРС	- индекс эффективности работы сердца
ИВТ	- исходный вегетативный тонус
ИХР	- индекс хронотропного резерва
ИИР	- индекс инотропного резерва
КФК	- креатинфосфокиназа
КИГ	- кардиоинтервалография
КСО	- конечный систолический объем
КДО	- конечный диастолический объем
СО	- систолический объем крови
Мо	- мода
МОК	- минутный объем крови
МПК	- максимальное потребление кислорода
ПВО	- показатель венозного оттока
РВГ	- реовазография
РИ	- реографический индекс
УО	- ударный объем
ЧСС	- частота сердечных сокращений
HF	- высокочастотная составляющая спектра
LF	- низкочастотная составляющая спектра
VLF	- очень низкочастотная составляющая спектра
TP	- общая мощность спектра
PWC <sub>170</sub>	- мощность работы на пульсе до 170 уд/мин (зона большой мощности)
PWC <sub>170/кг</sub>	- относительная мощность работы на пульсе до 170 уд/мин (зона большой мощности)
W <sub>суб</sub>	- мощность работы на пульсе свыше 180 уд/мин (субмаксимальная зона мощности)
W <sub>суб/кг</sub>	- относительная мощность работы на пульсе свыше 180 уд/мин (суб- максимальная зона мощности)

Тираж 100. Заказ № ХХХХ  
Издательство СибГУФК  
644009, г. Омск, ул. Масленникова, 144