

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

На правах рукописи

Линдт Татьяна Александровна

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТАЦИИ  
ХОККЕИСТОВ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ**

1.5.5. Физиология человека и животных

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата  
биологических наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук,  
профессор  
Калинина Ирина Николаевна

Омск-2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ.....	13
1.1. Фенотипическая и физиологическая адаптация.....	13
1.2. Морфологические и функциональные показатели адаптации спортсменов на этапах многолетней подготовки.....	20
1.3. Теоретические основы модельных характеристик адаптации спортсменов.....	36
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1. Организация исследования.....	43
2.2. Методы исследования.....	44
2.2.1. Антропометрические методы исследования.....	45
2.2.2. Физиологические методы исследования.....	46
2.2.3 Метод тестирования физической работоспособности.....	51
2.2.4. Методы математической статистики.....	52
ГЛАВА 3. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТАЦИИ ХОККЕИСТОВ К УСЛОВИЯМ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ.....	54
3.1. Аспекты долговременной адаптации организма хоккеистов на этапах многолетней подготовки.....	54
3.1.1 Особенности физического развития хоккеистов на этапах многолетней подготовки.....	56
3.1.2 Особенности развития дыхательной системы хоккеистов на этапах многолетней подготовки.....	65
3.1.3 Возрастные особенности функционирования сердечно-сосудистой	

системы и ее вегетативной регуляции у хоккеистов на этапах многолетней подготовки.....	73
3.2. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы хоккеистов к нагрузкам аэробной и анаэробной направленности на этапах многолетней подготовки.....	91
<b>ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И СОСТАВА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОККЕИСТОВ В СТРУКТУРЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ АДАПТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>104</b>
4.1. Факторный и корреляционный анализ наиболее значимых морфофункциональных показателей организма хоккеистов с позиции формирования специальной адаптивной функциональной системы на этапах многолетней подготовки.....	105
4.2. Особенности морфофункционального состояния хоккеистов, определяющие модельные характеристики специальной адаптивной функциональной системы на разных этапах многолетней подготовки.....	119
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	130
ВЫВОДЫ.....	152
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	154
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	155
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	156
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	185
Приложение А.....	186
Приложение Б.....	190

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В настоящее время в системе многолетней подготовки спортсменов важное место занимают знания о возрастных и индивидуально-типологических особенностях адаптации организма к тренировочным воздействиям [199, 31, 32, 15, 142 и др.], что приобретает особую значимость в приложении к юношескому спорту [20, 174, 190].

Занятия хоккеем, имеющим особое значение в регионах Сибири ввиду доступности и популярности, сопряжены с постоянно возрастающими от этапа начальной подготовки и до этапа высшего спортивного мастерства физическими нагрузками. Интенсивная мышечная деятельность не только вызывает морфофункциональные перестройки, специфические для этого вида спорта: высокий уровень развития кинестетической чувствительности, миофибриллярная гипертрофия, увеличение объема гликолитических волокон в скелетных мышцах и др. [254, 272], но и подразумевает приспособление к определенным факторам среды. Изменения температуры окружающего воздуха при переходе из теплых помещений на лед, длительное нахождение в условиях низких температур и другие факторы при подготовке юных хоккеистов также лимитируют уровень биологической надежности организма, вызывая постоянные изменения диапазона функционального резерва [245, 231, 155]. В этом плане занятия хоккеем представляют уникальную модель двигательной деятельности, успешность выполнения которой определяется биологической надежностью, реактивностью, резистентностью и оптимальным запасом резервных возможностей организма.

Мультифакторное влияние на организм и сложность такого вида спорта как хоккей обуславливают специфические особенности перестройки организма и формирование адаптивной функциональной системы (АФС), которая путем консолидации межсистемных и внутрисистемных связей в каждом конкретном случае сохраняет гомеостаз, обеспечивает оптимальный уровень функционирования в условиях взросления организма и значительных физических нагрузок [164, 4, 5, 199, 200 и др.]. Нельзя не учитывать, что при формировании

специальной АФС для достижения успешного спортивного результата в качестве системообразующего фактора выступают потребность и мотивация. При этом одинаковая нагрузка на разной морфофункциональной основе может быть и абсолютно полезной, и чрезмерной, ведущей к перенапряжению организма и уходу из спорта [198]. В работе А.В. Шахановой (1998) показано, что первая волна отсева имеет место на ранних этапах становления спортивного мастерства (в среднем 25%), вторая – в подростковый период (14%), когда адаптация к возросшим физическим нагрузкам на этапе спортивной специализации сопровождается большим напряжением регуляторно-адаптивных систем и более медленным восстановлением. Неудовлетворительное самочувствие, отрицательные эмоции приводят к формированию активно-негативного отношения к тренировкам, потери мотивации и прекращению занятий спортом. В связи с этим возникает необходимость выяснения морфофункциональных характеристик адаптации организма хоккеистов с позиции системного подхода, т.к. именно в этом случае организм может рассматриваться как специальная адаптивная функциональная система, имеющая структурные и качественные особенности, обеспечивающая одновременно гомеостаз в процессе онтогенеза и находящаяся в то же время под влиянием факторов внешней среды в виде интенсивных физических нагрузок. Определение критериев морфофункциональной адаптации на этапах многолетней подготовки хоккеистов побудило к научному поиску и обусловило актуальность предпринятого диссертационного исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** В современных литературных источниках отражены данные, затрагивающие вопросы изучения отдельных показателей физического развития [131, 165, 168, 127 и др.], сердечно-сосудистой системы [55, 193-196 и др.] и ее вегетативной регуляции [168, 60 и др.] у хоккеистов разного возраста, а также их физической работоспособности и ответной реакции организма на нее [105, 242, 236, 22]. В то же время аспекты, касающиеся изучения адаптационных перестроек гемодинамики и системы внешнего дыхания в процессе многолетних тренировок у хоккеистов,

представлены фрагментарно [87, 152]. Большинство работ, раскрывающих особенности физической работоспособности на этапах становления спортивного мастерства, обосновывают их лишь в части общей выносливости, тогда как в обеспечении мышечной деятельности в хоккее немаловажную роль играет развитие ее анаэробного компонента [242, 236, 48].

Несмотря на имеющиеся в современной физиологии спорта сведения, раскрывающие особенности функционирования организма юных хоккеистов, отсутствует комплексность знаний в части формирования долговременных адаптационных перестроек, и характеристик морфологической и функциональной адаптации, обеспечивающих приспособительный полезный результат при многолетней спортивной подготовке, хотя именно этот возрастной период является наиболее важным для становления спортивного мастерства. Недостаток проработанности проблемы в этой области, а также данных о влиянии многолетних мышечных нагрузок на растущий организм не позволяет спортивным физиологам, а также тренерам детских и юношеских хоккейных команд в полной мере оценить воздействие тренировочных нагрузок на морфофункциональное созревание организма спортсмена в физиологическом плане, что и обуславливает актуальность предпринятого исследования.

**Цель исследования:** выявить совокупность характеристик морфологической и функциональной адаптации хоккеистов на этапах многолетней подготовки с позиции системного адаптогенеза.

**Задачи исследования:**

1. Выявить возрастные особенности физического развития и функционального состояния организма хоккеистов 11-21 года.
2. Определить информативные морфофункциональные характеристики срочной и долговременной адаптации, а также критерии, лимитирующие оптимальное функционирование организма хоккеистов в условиях напряженной мышечной деятельности на этапах спортивной подготовки.
3. На основе комплекса морфофункциональных показателей разработать модель специальной адаптивной функциональной системы, характеризующую

биологическую надежность организма хоккеистов в условиях многолетней спортивной подготовки.

**Научная новизна исследования.** Исследование вносит вклад в изучение закономерностей долговременной и срочной адаптации организма хоккеистов к напряженной мышечной деятельности. В работе впервые:

- определены наиболее значимые для каждого из этапов многолетней подготовки хоккеистов особенности долговременной адаптации, возрастные характеристики физического развития, гемодинамики, системы внешнего дыхания, регуляции сердечного ритма, аэробной и анаэробной работоспособности, определяющие биологическую надежность организма при занятиях хоккеем;

- установлено, что тренировочными этапами, на которых определяется оптимальное функциональное состояние организма хоккеистов, являются – этап спортивной специализации (ПНС, 11-12 лет), этап совершенствования спортивного мастерства (17-18 лет), что обеспечивается определенной структурой специальной АФС;

- выявлены критерии для каждого из этапов многолетней подготовки, ограничивающие эффективность долговременной адаптации к интенсивным мышечным нагрузкам и лимитирующие оптимальное функционирование организма хоккеистов в условиях напряженной мышечной деятельности хоккеистов;

- установлено, что срочная адаптация сердечно-сосудистой системы хоккеистов к дозированной физической нагрузке анаэробного характера характеризуется подавляющим преобладанием дистонического типа реакции во всех возрастных группах хоккеистов, кроме возраста 13-14 лет, в котором преобладающим является гипотонический тип (неблагоприятный);

- разработаны шкалы дифференцированной оценки и балльные значения наиболее информативных показателей срочной и долговременной адаптации для каждого из этапов многолетней подготовки, а также нормированное значение

КЭА оптимального функционального состояния организма хоккеистов (КЭА = 0,16-0,20 усл.ед.);

- обоснована и количественно зафиксирована структура, составляющая модель специальной АФС хоккеистов, формирующаяся по принципу гетерохронности и консолидации, с выделением ведущего компонента, которая обеспечивает долговременное приспособление в условиях многолетней спортивной подготовки.

**Теоретическая значимость исследования.** Полученные новые знания о морфофункциональных особенностях адаптации организма хоккеистов в процессе многолетней спортивной подготовки углубляют теорию общей адаптации и стресса; расширяют положения физиологии о закономерностях роста, развития организма человека и механизмах формирования специальной адаптивной функциональной системы при занятиях спортом. Примененные методы корреляционного и факторного анализа позволили выявить основные критерии морфофункционального состояния организма юного хоккеиста, определить их количественные характеристики, обуславливающие биологическую надежность и устойчивость организма к физическим воздействиям. Получены дополнительные факты, характеризующие качественные изменения в структуре специальной АФС хоккеистов от этапа спортивной специализации до этапа высшего спортивного мастерства, позволяющие расширить современные представления в области теории функциональных систем, которые дают возможность управлять изменениями стратегии адаптации и предупреждать процессы дезадаптации при занятиях спортом.

**Практическая значимость работы** заключается в возможности использования результатов исследования в качестве маркеров оптимального функционального состояния организма хоккеистов в системе текущего и углубленного медицинского обследования на различных этапах многолетней подготовки. Полученные результаты исследования могут быть использованы при диагностике донозологических состояний организма спортсмена и острых физических перенапряжений в спорте. Разработанные шкалы

дифференцированной оценки основных физиологических показателей хоккеистов позволяют осуществлять индивидуализацию тренировочного процесса и могут быть использованы в системе комплексного медико-биологического контроля. Представленные в работе модельные характеристики морфофункционального состояния организма юных хоккеистов могут быть положены в основу системы комплектования спортивных групп, перевода в группу высшего спортивного мастерства, а также для спортивного отбора потенциальных чемпионов.

**Результаты исследования** используются в тренировочном процессе бюджетного учреждения г. Омска «Спортивная школа А.В. Кожевникова» (г. Омск, 25.05.2022), в учебном процессе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта» на кафедре теории и методики футбола и хоккея (г. Омск, 23.03.2022), ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма» на кафедре физиологии (г. Краснодар, 29.03.2022).

**Теоретическую основу исследования составили:** теория общей адаптации [151, 114, 3, 157, 158]; концепция онтогенеза [109, 206]; представления о диагностике и количественной оценке адаптационных возможностей человека [186, 3, 203 и др.]; теория функциональных систем [4, 164 и др.]; представление о биологической надежности организма [109, 7, 9]; теория и методика хоккея [122, 145].

**Методологической основой исследования** явились современные научные представления о системном подходе к оценке функционального состояния организма спортсмена; гетерохронности развития форм и функций человека; адаптации организма к двигательной деятельности с использованием методов анализа научно-методической литературы, комплекса физиологических и инструментальных методов оценки функционального состояния организма хоккеистов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

Увеличение биологической надежности организма хоккеистов является результатом долговременной адаптации организма к интенсивным мышечным

нагрузкам, и проявляется в следующем: более раннее (на 1-2 года, относительно лиц, не занимающихся спортом) физическое развитие; повышение экономичности и резервных возможностей системы дыхания с высоким уровнем активности подкорковых нервных центров к этапу СС (13-14 лет); формирование гипокинетического типа кровообращения, увеличение парасимпатической активности в регуляции сердечного ритма и индекса централизации в управлении сердечным ритмом ( $ИЦ > 2$  усл.ед.) к этапу ССМ (15-16 лет); достижение высокого уровня анаэробной (к 15-16 годам) и аэробной физической работоспособности (к 17-18 годам), превышающей показатели взрослых нетренированных людей.

Консолидация специальной АФС организма хоккеистов с выделением центрального ведущего звена подчинена особенностям тренировочного процесса. С возрастом и повышением уровня тренированности увеличивается значимость её структурных компонентов: соматический и гормональный компонент адаптации (15-16 лет и 19-21 год); дыхательный компонент (в 13-14 лет); гемодинамический компонент (15-16 лет); возрастание влияния центрального контура регуляции (в 11-12 лет и 17-18 лет).

Эффективность срочного и долговременного приспособления организма хоккеистов к интенсивной мышечной деятельности проявляется уменьшением количества компонентов специальной АФС (с 33 до 9) и увеличением силы взаимосвязей ( $r=0,71-0,99$ ) между структурными элементами от этапа к этапу многолетней подготовки. Критерием, определяющим оптимальный уровень функционирования специальной АФС у хоккеистов, является коэффициент эффективности адаптации, варьирующий в диапазоне  $КЭА=0,16-0,20$ , который характеризует формирование устойчивой адаптации к высокому уровню физических нагрузок и завершение морфофункциональных перестроек организма на этапе совершенствования спортивного мастерства (17-18 лет).

Модельные характеристики морфофункционального состояния организма хоккеистов, базируются на основе показателей нормированных шкал дифференцированной оценки для каждого этапа многолетней подготовки

хоккеистов. Оптимальным считается уровень морфофункционального состояния с диапазоном 88-145 баллов.

**Степень достоверности результатов исследования.** Высокий уровень достоверности данных обеспечивался проведением исследования в лабораторных условиях, использованием апробированных и валидизированных методов и инструментальных методик (соматометрия, физиометрия, спирометрия, тетраполярная реополикардиография, кардиоинтервалография, спектральный анализ ритма сердца, ЭКГ, ЭхоКГ, велоэргометрия). Использованы современные методы обработки полученной информации, включая теоретический анализ и обобщение данных специальной научно-методической литературы, традиционные методы математической статистики (в том числе t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни, метод ранговой корреляции Спирмена, многофакторный анализ). Представлен необходимый объем экспериментальных данных, обеспеченный репрезентативностью выборки.

**Публикации по теме диссертационного исследования.** Опубликовано 31 печатная работа, из которых 5 в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ. Четыре публикации относятся к категории К2 и одна к категории К3.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты исследования представлены и обсуждены на конференциях различного уровня, из них международные: «Современные проблемы формирования и укрепления здоровья» (Брест, 2015), «Современные проблемы спорта, физического воспитания и адаптивной физической культуры» (Донецк, 2016), «Олимпийский спорт и спорт для всех» (Санкт-Петербург, 2016), XXIII съезд Физиологического общества имени И.П. Павлова (Воронеж, 2017), Международный научно-практический конгресс, посвященный 100-летию ГЦОЛИФК (Москва, 2018), «Физическая культура и спорт. Олимпийское образование» (Краснодар, 2020, 2021), «Спорт, человек, здоровье» (Санкт-Петербург, 2017, 2021, 2023).

**Личный вклад автора.** Автор принимал непосредственное участие в планировании, организации и проведении исследования, обработке данных с использованием современных статистических методов, анализе и интерпретации

результатов. Автором самостоятельно поставлены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, обоснованы выводы, осуществлен сбор результативного материала, подготовлен текст диссертации и автореферата, разработаны практические рекомендации. Личный вклад автора в выполнение исследования составил 90%.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.5.5. Физиология человека и животных в п. 4 – закономерности функционирования основных систем организма (нервной, внутренней секреции, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, репродуктивной и др.) при различных состояниях организма; п. 6 – системная организация физиологических функций на уровне клеток, тканей, органов и целого организма; п. 9 – физиологические механизмы адаптации к различным формам, видам и условиям деятельности, в том числе экстремальным. Разработка технологий адаптивного управления физиологическими функциями человека в экстремальных природно-климатических условиях.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 196 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, четырех глав, обсуждения результатов исследования, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, приложений. Работа проиллюстрирована 31 таблицей и 28 рисунками. В списке литературы содержится 273 источника, из которых 59 иностранные.

# ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

## 1.1. Фенотипическая и физиологическая адаптация

В современной физиологии человека одной из важнейших задач является решение проблемы приспособления организма к многообразным факторам окружающей среды. Адаптация является процессом, в результате которого устанавливается или поддерживается функционирование системы в условиях меняющейся внешней или/и внутренней среды, что и обуславливает его мобильность и постоянную трансформацию.

В настоящее время имеется несколько достаточно устоявшихся определений понятия «адаптация», в то же время широко используются и синонимы – «приспособление», «аккомодация», «устойчивость» и др. [151, 169, 172 и др.]. В монографии Н.А. Фомина указывается, что «...Адаптация – термин для обозначения приспособления организма к общеприродным, бытовым, производственным, социальным условиям. Это общее для разнородных явлений понятие включает в себя все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности человека и животных» [цит. по 186, С. 10]. В. Платонов [134] в своей работе определяет фенотипическую адаптацию следующим образом: «...Адаптация – приспособительный процесс достижения адекватных требованиям раздражителя уровня активности и возможностей функциональных систем, органов и тканей, а также механизмов регуляции». Реакции организма на предъявляемые воздействия, в сущности, одинаковы, независимо от того, какие именно факторы влияют на организм.

Многообразие определений «адаптации» обусловлено полиморфизмом самого процесса [16, 169]. Исходя из этого, все факторы, воздействующие на организм и вызывающие процессы приспособления можно разделить на две категории: экстремальные (несовместимые с жизнью), при которых приспособление невозможно, и субэкстремальные факторы. Для поддержания

гомеостаза при действии субэкстремальных факторов в организме происходит перестройка физиологических механизмов, которыми располагает сам организм.

Ф.З. Меерсон с соавт. под индивидуальной адаптацией понимает «...развивающийся в ходе жизни процесс, в результате которого организм приобретает устойчивость к определенному фактору окружающей среды и, таким образом, получает возможность жить в условиях, ранее не совместимых с жизнью, решать задачи, ранее неразрешимые» [цит. по 114]. Таким образом, и длительная интенсивная мышечная деятельность вызывает в организме спортсмена вариант фенотипической адаптации.

По утверждению Г. Селье, «...Способность к адаптации не безгранична. В процессе адаптации организма человека к физическим нагрузкам изменения наблюдаются на разных уровнях биологической организации: клеток, тканей, органов, функциональных систем. Все функциональные системы организма подвижны и способны объединяться в системы более сложного порядка, которые позволяют человеку адаптироваться в процессе жизнедеятельности» [цит. по 151]. Поэтому для достижения заданного результата, все системы органов организма и их регуляция взаимодействуют между собой, создавая функциональные системы, позволяющие работать как целостная система [4, 5, 157, 158, 134, 200].

Функционирование адаптированной системы происходит при максимально возможной экономии ресурсов организма. При этом «цена» адаптации к новым условиям будет тем ниже, чем выше адаптационный резерв [3, 199, 66, 189 и др.]. Однако развитие физических качеств и формирование функциональных систем организма, участвующих в процессах приспособления, имеет определенные генетические пределы и благоприятные возрастные периоды [39, 154, 172]. Расширение функционального резерва и адаптационных возможностей организма, происходящее в тренировочном процессе, направленно на сохранение постоянства внутренней среды под воздействием все более сильных раздражителей. Это позволяет спортсменам справляться с большими по объему и интенсивности нагрузками [47]. Увеличение функциональных возможностей систем органов и организма в целом вызывают физические нагрузки, которые

приближены к пороговой величине или превышающие ее уровень [164, 62]. Эффективность спортивной деятельности в этом случае зависит от того, насколько характер нагрузки соответствует структуре возрастного развития [160, 147].

При адаптации к физической нагрузке в организме человека происходят различные физиологические изменения [161, 76, 78-80, 12, 189, 142]. В своей работе В.А. Сальников, указывает, что «... систематическая тренировка может приводить к изменению адаптивных норм реакции, которые имеют не только приспособительное значение, но и оказывают влияние на эволюционное развитие человека» [цит. по 147]. Существует два механизма адаптации организма к новым условиям в развитии адаптационных реакций. Срочная адаптация, в результате которой в организме происходят функциональные изменения, имеющие в основе генетически обусловленные механизмы. Долговременная адаптация организма реализуется в результате систематического закрепления структурных функциональных изменений [113, 125, 186, 3, 134, 47].

В случае необходимости быстрого приспособления реализуется срочная адаптация по типу стресс-реакции. При этом наблюдается синтез новых белковых структур, чему способствует повышенная продукция гормонов, в том числе катехоламинов и глюкокортикоидов [114, 163, 207, 262]. Срочная адаптация, или приспособление к фактору внешней среды, к которому в определенной мере относится и мышечная работа, характеризуется мобилизацией защитных сил, хаотичным и некоординированным действием систем, вследствие чего организм, меняя структуру взаимосвязей, определяет «тактику функционирования». В дальнейшем ситуация стабилизируется, формируются межсистемные связи, количество которых отражает степень напряжения приспособительных механизмов.

В концепции Ф.З. Меерсона, обобщающей закономерности индивидуальной физиологической адаптации, выделяется четыре этапа. Первый этап приводит к формированию многонейронной функциональной системы, в которой в дальнейшем должна образоваться временная связь. «...Генерализованные

физиологические и поведенческие реакции этого этапа характеризовались как неспецифические проявления стресс-синдрома. Молекулярные механизмы их обеспечения связывались с генерализованной активацией синтеза нуклеиновых кислот и белков в головном мозге» [16]. Вторым этапом заканчивается формированием многонейронной функциональной системы, которая «...консолидирована с другими морфофункциональными образованиями организма, ответственными за адаптацию, что обеспечивает формирование системного структурного следа, составляющего основу специфической адаптации к конкретному фактору внешней среды». На третьем этапе формируется устойчивый условно-рефлекторный стереотип, обеспечивающийся структурно закрепленной системой «временная связь-энграмма памяти». Четвертым этапом является процесс разрушения структурного следа и способствующим утрате достигнутой адаптации [114]. В зависимости от условий, дезадаптация может проявляться как физиологический, так и патологический процесс.

Вследствие длительного влияния одного фактора или его неоднократного воздействия реализуется механизм долговременной адаптации, характер которой, при занятиях физической культурой и спортом, зависит от направленности тренировочного процесса [47]. В процессе долговременной адаптации к работе динамического характера происходит увеличение емкости капиллярного русла, числа митохондрий в скелетных мышцах, что оказывает влияние на повышение скорости окислительных процессов [189] - так называемый «структурный след адаптации». При долговременной адаптации к нагрузкам скоростно-силового характера изменения возникают, преимущественно, в белых мышечных волокнах: увеличивается количество сократительных белков, креатинфосфата, повышается производительность анаэробных путей ресинтеза АТФ, буферная емкость тканей, возможность организма противостоять ацидозу [161, 76, 78-80, 179].

В организме человека существует внутрисистемная регуляция, которая работает на основе афферентации. Реакции на любое сильное воздействие, к которым можно отнести и физическую нагрузку, обеспечиваются системой психовегетативных функций, гипофизарно-адреналовой и адренергическими

стресс-реализующими системами [4, 5, 163, 207, 262]. При адаптации к физическим нагрузкам повышается функциональная мощность стресс-реагирующих систем, экономизация их функционирования, происходят изменения в гормональных звеньях регуляции [114, 207].

Деятельность всех систем организма и их взаимодействие обеспечивается нейрогуморальной системой. Центральный контур регуляции сердечным ритмом представляет собой многоуровневую систему нейрогуморальной регуляции физиологических функций, включающую в себя множество звеньев: кора головного мозга, подкорковые центры продолговатого мозга, гипоталамо-гипофизарный уровень вегетативной регуляции [7-10, 157, 31, 228, 256]. Различные приспособительные реакции в организме происходят под контролем центральной нервной системы, которая формирует специальные функциональные системы адаптации, включающие подкорковые и корковые отделы головного мозга, а также эндокринные железы [4, 178, 184, 75, 259, 177]. Деятельность эндокринных желез осуществляется под контролем подкоркового отдела головного мозга – гипоталамуса и гипофиза, образующих единую функциональную систему [151]. Вегетативная нервная система вносит значительный вклад в состояние спортивной работоспособности. Нарушения вегетативной регуляции ведут к повышению риска травматизма, возникновению перетренированности, поражениям внутренних органов. Управление сердечным ритмом, по-видимому, обусловлено особенностями организма, изменяется только при заболеваниях и при больших стрессовых нагрузках, что может свидетельствовать о генетической предрасположенности разных типов регуляции [203, 204]. Нарушения сердечного ритма часто являются причиной отстранения спортсменов от тренировок и соревнований [260, 246, 31, 217].

Адаптация организма к изменяющимся условиям среды, в том числе и к повышенным двигательным нагрузкам, происходит на основе реализации срочных и долговременных механизмов, в результате этого биологическая надежность организма увеличивается. С повышением уровня адаптированности организма выявляется рост биологической надежности и механизмы ее изменения

достаточно разнообразны. В первую очередь ее развитие происходит в тех системах организма, которые в данный момент являются наиболее значимыми для процесса адаптации организма. В обычных условиях все системы организма работают не на пределе своих возможностей, поэтому сохраняется функциональный резерв, который может быть использован в экстремальных ситуациях, это является особенностью биологической надежности. Именно это позволяет достигать экономизации функций организма, снижает «цену» адаптации, совершенствует вегетативное обеспечение [109, 180, 102, 81, 24].

Многолетняя подготовка спортсмена включает в себя ряд этапов: начальной подготовки, спортивной специализации (тренировочный этап), совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства. Предусмотрен медико-биологический контроль над состоянием организма, который обеспечивает изучение уровня здоровья, функционирования всех органов и систем в многолетнем тренировочном процессе и позволяет сохранить спортивное долголетие. На каждом из этапов решаются определенные задачи, используются средства и методы, наиболее подходящие для этого. Перевод с этапа на этап осуществляется согласно переводным нормативам и четкой грани между этапами не существует. В этом аспекте необходимо отметить, что физиологические изменения, происходящие в организме спортсмена в течение всего процесса многолетней подготовки, специфичны для каждого вида спорта, для разных этапов подготовки и задач, решаемых на этом этапе, а также зависят от возрастных особенностей организма. В результате долговременной адаптации в организме спортсмена происходят морфофункциональные изменения, направленные на приспособление к определенному виду спорта, так называемая специфичность адаптации [229, 189, 47].

Двигательная (соревновательная) деятельность хоккеистов во время игры на профессиональном уровне характеризуется интенсивными кратковременными повторяющимися нагрузками с высокой отдачей энергии и игровыми отрезками продолжительностью от 30 до 80-90 секунд. Характер игры требует увеличения мышечной массы и абсолютной мышечной силы. От игроков требуется развитие

физической формы, включающей способность к анаэробному спринту (анаэробный метаболизм 69%), а также выносливости (аэробный метаболизм 31%) [251, 257, 241, 242]. В Национальной программе спортивной подготовки по виду спорта «хоккей» [120] указывается, что хоккеист высокой квалификации в соревновательной деятельности выполняет мышечную работу различной мощности в следующем соотношении: в аэробном режиме – 60%, смешанном аэробно-анаэробном – 24-26% и в анаэробном – 14-16%. Доля участия в спортивных соревнованиях от общего объема физической нагрузки в многолетнем тренировочном процессе постепенно увеличивается и начиная с этапа спортивной специализации составляет 15-16%.

На этап начальной подготовки зачисляются спортсмены в возрасте 8 лет, его продолжительность составляет 3 года. Этап рассчитан на разностороннюю физическую подготовку, овладение основами техники и тактики хоккея, навыками соревновательной деятельности, выполнение контрольных нормативов для перевода на следующий этап. Тренировочный этап (спортивной специализации) состоит из 2 периодов: начальная специализация и углубленная специализация. К основным задачам этапа спортивной специализации относят воспитание специальных физических качеств (скоростных, силовых, координационных и специальной (скоростной) выносливости, совершенствование техники и тактики). Минимальный возраст зачисления на данный этап – 11 лет и продолжительность составляет 5 лет. На этапе совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства заметно увеличивается объем специальной физической и технико-тактической подготовки. Минимальный возраст зачисления на этап совершенствования спортивного мастерства – 15 лет, на этап высшего спортивного мастерства – 17 лет. Продолжительность обучения на данных этапах не ограничена. Перевод спортсмена на следующий этап спортивной подготовки производится при выполнении зачетных требований [122, 253, 183, 120]. В возрасте 18-20 лет у хоккеистов появляются первые значительные успехи, наивысшие результаты достигаются в 25-28 лет [121, 253]. Таким образом, для воспитания высококвалифицированного хоккеиста

необходимо не менее 10-ти лет регулярных тренировок. При этом достижение высоких спортивных результатов в хоккее определяется не только качеством подготовки в рамках детско-юношеских спортивных школ, но и состоянием здоровья спортсменов, адаптационными возможностями их организма к предлагаемым физическим нагрузкам. Вопросы, касающиеся адаптации организма хоккеистов на каждом из этапов многолетней подготовки, остаются открытыми до настоящего времени, что и обусловило актуальность настоящего исследования.

## **1.2. Морфологические и функциональные показатели адаптации спортсменов на этапах многолетней подготовки**

В научно-методической литературе чаще всего адаптация спортсменов в разных видах спорта представляется с позиции возрастной этапности развития организма. В каждый определенный момент времени развиваются именно те функции, которые имеют наибольшее значение для организма [147, 20]. В возрастном диапазоне развитие какой-либо функции может быть сопряжено со стабилизацией или даже понижением других функций. Исходя из этого, представление об адаптационных процессах в спортивной физиологии должно базироваться, на наш взгляд, с учетом возрастных изменений физиологических параметров, ответственных за специфическую адаптацию.

Развитие способностей в каждом возрастном периоде отражает возможности растущего организма, которые связаны с различиями в темпах созревания функциональных систем и структур организма. Одни функциональные перестройки пропорциональны изменениям размера, другие зависят еще и от качественных преобразований [12, 147, 219, 267 и др.].

Различным возрастным периодам присущи определенные закономерности развития, морфологические и функциональные особенности, которые подчиняются неравномерности и гетерохронности [241, 242, 172, 20 и др.]. Переломным моментом индивидуального развития или критическим периодом принято обозначать переход от одного возрастного этапа к последующему [11].

Особенно ярко это выражено, если на определенном возрастном отрезке имеются еще и дополнительные воздействия внешних факторов, одним из которых может выступать и интенсивная мышечная нагрузка. Как отмечал П.К. Анохин [4], неравномерное развертывание наследственной информации проявляется гетерохронией. Имеются исследования, указывающие на то, что в критические периоды развития организма, в том числе и в подростковом возрасте, снижается резистентность и адаптивность организма на действие различных стрессорных раздражителей, к которым можно отнести и занятия спортом [63].

Изучению особенностей, происходящих в организме хоккеистов на различных возрастных этапах в сопряжении с этапами многолетнего тренировочного цикла, посвящена глава 3. Начальный этап подготовки характеризуется использованием тренировочных нагрузок, характерных для большинства видов спорта, – общая физическая подготовка (22-24%), поэтому выделить специфические особенности адаптации в организме хоккеистов вряд ли представляется возможным. На этом основании изучение специфических особенностей адаптации организма при занятиях хоккеем в настоящем диссертационном исследовании осуществлялось со следующего этапа.

Этап спортивной специализации (начальный и углубленный периоды) в спортивной практике, как правило, совпадает с пубертатным периодом, который принято делить на три стадии. Каждая из стадий имеет особенности: – предпубертатная, характеризуется повышением активности ЦНС с увеличением активности гипофиза и гипоталамуса, ускоренным ростом тела в длину и изменениями вегетативных систем организма; – пубертатная, в которой наблюдаются относительно высокие темпы увеличения массы и длины тела, нарастание активности половых желез, совершенствование функциональных систем организма; – постпубертатная, когда организм достигает физиологической зрелости [147, 20 и др.].

Период полового созревания характеризуется напряжением деятельности эндокринных и нейрогуморальных механизмов регуляции, что приводит к изменению функционирования физиологических систем и снижению

возможностей адаптации организма к изменяющимся внутренним и внешним факторам [106, 107, 138]. С физиологической точки зрения период пубертата является наиболее сложным в формировании организма, поэтому дополнительные перестройки, сопряженные с занятиями спортом, вызывают еще большее напряжение всех функциональных и регулирующих систем организма, что побуждает к научному поиску с позиции выбора тренировочных нагрузок.

Рост организма, созревание всех систем и достижение окончательных размеров тела заканчивается в юношеском возрасте (17-21 год), который приходится на этап совершенствования спортивного мастерства и начало этапа высшего спортивного мастерства. Этот период является благоприятным для развития физической силы в скоростно-силовых видах спорта [129, 20], совершенствуются механизмы эндокринной регуляции функций организма, обеспечивая их экономизацию.

Адаптивные процессы в организме происходят на всех уровнях биологической организации. В пубертатный скачок роста длина тела у детей за 1-2 года увеличивается на 10-20 см, далее годовые приросты снижаются до 1,5 см в год [58], максимальная прибавка длины тела у мальчиков отмечается в 13-14 лет [102, 147, 20]. Увеличение размеров тела и возрастные особенности метаболических процессов также оказывают влияние на функциональные изменения [57, 12, 254, 39, 266, 60, 268].

Состав мышечных волокон человека генетически детерминирован, закладывается во внутриутробном развитии и в постнатальном периоде не изменяется. Согласно мнению ряда авторов, именно композиция мышечных волокон предопределяет норму реакции в морфологическом, физиологическом и биохимическом планах, определяет индивидуальные потенциальные способности организма к выполнению физической нагрузки той или иной продолжительности и интенсивности [77-80, 58, 154]. Существует научное мнение о том, что мышечная система в пубертатный период развивается быстро, у мальчиков в 13-14 лет наблюдается скачок роста массы мышц и к 14-15 годам их свойства

практически не отличаются от свойств мышц взрослых людей, хотя их функциональные возможности существенно ниже [39, 189, 20].

На возрастной период 16-17 лет приходятся последние стадии полового созревания, во время которого под действием мужских половых стероидных гормонов происходит передифференцировка мышечных структур и наступает интенсивный рост «белых» мышечных волокон, для которых характерна высокая активность анаэробных гликолитических источников энергии [57]. Увеличение силы невозможно без соответствующего развития мышечной массы [12, 268]. В то же время, Э.М. Казин с соавт. [63] в своих исследованиях показывает, что в предпубертатный период у мальчиков (11-13 лет) в связи с началом перестроечных процессов может замедляться развитие мышечной силы. С усилением секреции андрогенов происходит прирост мышечной силы. По данным В.П. Губа [39], наиболее интенсивное увеличение силы мышц отмечается в 13-14 лет. В возрасте от 14 до 16-17 лет наблюдается сенситивный период развития силы, расширяется зона субмаксимальной и максимальной мощности, что позволяет развивать скорость, силу, скоростную выносливость [63]. Однако, Л.В. Булыкина с соавт. [20] указывает на снижение прироста силы от 16 до 17 лет, с последующим увеличением, связанным с окончанием периода полового созревания.

В современной литературе имеются данные, указывающие на взаимосвязь уровня физической работоспособности с показателями физического развития подростков [144, 147, 189, 270]. Исследования последних лет указывают на взаимосвязь уровня здоровья и работоспособности. Г.Л. Апанасенко [6], указывает на то, что для диагностики уровня здоровья необходимо учитывать способность организма к мобилизации энергетических ресурсов. Корреляционные связи существуют также между возрастом, ростом, массой, поверхностью тела и физической работоспособностью человека [12, 102, 160, 266, 224, 272 и др.].

По мнению ряда авторов, общеоздоровительный эффект оказывают физические нагрузки циклического характера аэробной направленности [114, 178, 219, 20]. Общая физическая подготовка решает задачи всестороннего развития

двигательных способностей, повышения общей работоспособности организма спортсмена. При силовой и сложно-координационной направленности тренировочного процесса наблюдается незначительное увеличение мощности системы транспорта кислорода, которая может снижаться при достижении определенного уровня спортивной квалификации [62]. Известно, что величина физической работоспособности человека как потенциальная способность человека проявлять максимальные физические усилия зависит от пола, возраста, тренированности, факторов окружающей среды, функционального состояния организма [40, 266, 268].

Под специальной физической работоспособностью в настоящее время понимают уровень развития физических способностей, соответствующих специальным требованиям избранной спортивной специализации. Функциональные резервы организма, а также качество их регулирования являются основными факторами физической работоспособности [14, 172]. Считается, что организм тратит на каждую реакцию адаптации определенное количество веществ, энергии, различных резервов, то есть существует некая «цена» адаптации. Истощение имеющихся защитных резервов может привести к фазе дезадаптации [202, 63, 189]. В более узком смысле физическую работоспособность понимают, как допустимое функциональное состояние кардиореспираторной системы в условиях нагрузки. Принято считать, что при выполнении физической нагрузки на пульсе 170 уд/мин наблюдается оптимальное функционирование кардиореспираторной системы [74, 14, 115].

Характер энергетического обеспечения мышечной деятельности зависит от типа выполняемой нагрузки, длительности и интенсивности мышечной работы [181, 29, 241, 242]. Известно, что интенсивное развитие энергетики скелетных мышц и функциональных механизмов происходит в период от 7 до 17 лет [161, 76-80, 58, 170]. Энергообеспечение мышечной деятельности при этом зависит от функциональных возможностей трех систем энергопродукции: аэробной, лактацидной и фосфогенной [161, 57, 29, 19, 112 и др.]. При этом в зависимости от интенсивности и длительности мышечной работы в организме используются

различные энергетические источники или их сочетания. Показатель максимального потребления кислорода (МПК) часто используют при оценке возрастных особенностей аэробной энергетики, которая является результатом активации окислительных процессов в мышцах и зависит от возможности кислородтранспортных систем, доставки субстратов к мышечным волокнам, размеров этих мышц [57, 12, 19, 241 и др.]. Он отражает наивысшую интенсивность метаболизма, обуславливающего аэробное энергообеспечение, является фактором для понимания механизмов, лимитирующих работоспособность [233]. Повышение МПК происходит по мере роста и развития человека независимо от занятий спортом [12, 39].

В литературе встречаются различные данные об увеличении МПК в возрастном диапазоне, как уточняющие друг друга, так и противоречащие. В распоряжении современной спортивной физиологии имеются исследования, указывающие на разные периоды роста МПК: С.Б. Тихвинский с соавт. [173] – с 8 до 14 лет, О. Бар-Ор [12] – от 6 до 16 лет, В.Д. Сонькин с соавт. [161] – с 9 до 17 лет, А.С. Чинкин с соавт. [192] – до 18-20 лет. Существуют изыскания, указывающие на то, что абсолютные значения МПК в процессе онтогенеза у мужчин повышаются и достигают своих максимальных значений к возрасту 18-20 лет, тогда как относительные, по мнению В.П. Губа [39], раньше, в 12-14 лет. В своих исследованиях В.К. Зайцев [51] отмечает, что у юных хоккеистов наибольший прирост МПК отмечается с 13 до 16 лет. По мнению автора, развитие аэробных возможностей необходимо осуществлять до окончания пубертатного периода, потому что в дальнейшем практически невозможно значительно повысить функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма, и, как следствие, нельзя ожидать от спортсмена высоких и стабильных результатов в зрелом возрасте. В работе О. Бар-ор [12] отмечается, что при достижении пубертатного возраста максимальное потребление кислорода увеличивается и зависит не только от размеров тела, но и от зрелости организма. По мнению А.С. Чинкина с соавт. [192], максимальное потребление кислорода и работоспособность не лимитируются функциональными возможностями

внешнего дыхания, так как даже после достижения МПК легочная вентиляция и мощность выполняемой работы могут продолжать увеличиваться. Объем циркулирующей крови и скорость перехода в ткани кислорода являются главными лимитирующими факторами максимального потребления кислорода [186]. Как отмечает в своей работе О. Бар-Ор [12], с увеличением возраста относительное потребление кислорода (на кг массы тела) снижается, этот факт свидетельствует о повышении экономичности работы организма.

В своих исследованиях В.П. Губа [39] показывает, что абсолютные значения МПК у спортсменов 17 лет составляют 5100 мл/мин, что выше показателей 10-летних спортсменов в 3 раза, при этом повышение величины МПК у юных спортсменов положительно влияет на адаптацию к физической нагрузке. Необходимо отметить также и тот факт, что максимальное потребление кислорода тесно связано и с квалификацией, уровнем развития выносливости спортсменов, а также зависит от морфологических особенностей. МПК является достаточно информативным критерием устойчивости человека к гипоксии [37]. У хоккеистов сборной команды СССР 70-80-х годов величины МПК достигали 63,5-72,4 мл/мин/кг, что характеризует высокий уровень производства энергии аэробными системами их организмов [51].

Возрастные особенности энергетики мышечного сокращения определяются соотношением аэробных и анаэробных источников энергии в организме. В работах И.А. Корниенко с соавт. [76-80] указывается на то, что до начала полового созревания у детей в большей степени формируются аэробные механизмы энергообеспечения, тогда как анаэробные механизмы совершенствуются в период полового созревания, в большей степени к его окончанию. В возрастном периоде 15-18 лет происходит увеличение возможностей организма и способность к поддержанию гомеостаза в анаэробных условиях (утилизация молочной кислоты), наблюдается интенсивное развитие кардиореспираторной системы, что способствует увеличению уровня физической работоспособности. В подростковом возрасте значительно увеличивается количество гликогена в скелетных мышцах, а высокая активность неогликогеназа

позволяет быстро утилизировать, образующуюся в мышцах, молочную кислоту [76, 78]. В.П. Губа [39] в своих исследованиях показывает, что с возрастом увеличивается анаэробная производительность организма, при этом наиболее высокие показатели обычно достигаются к 20-25 годам. У детей способность работать в анаэробных условиях значительно ниже, чем у взрослых людей, так как меньше величина анаэробных источников энергии и способность использовать их менее развита. Заметная возрастная динамика выявлена при исследовании  $PWC_{170}$ , характеризующего эффективность механизмов аэробного энергообеспечения. Увеличение этого показателя от 8 до 15 лет достигает 80% [58].

Аэробные возможности человека обеспечиваются поступлением кислорода к тканям, его транспортом и утилизацией, являются фактором, обеспечивающим работоспособность. Увеличение доставки кислорода к мышцам возможно за счет увеличения глубины дыхания и его минутного объема, жизненной емкости легких, ударного и минутного объема кровообращения, то есть вследствие изменений в кардиореспираторной системе. Показатель наследуемости аэробной работоспособности колеблется от 0,7 до 0,93 [154]. В свою очередь анаэробные возможности определяются уровнем тканевой адаптации к нехватке кислорода, количеством энергетических веществ в мышечной клетке (креатинфосфата и гликогена), мощностью ферментативных систем, работой буферных систем [178, 19, 242]. У подростков по сравнению с взрослыми людьми отмечаются более низкие способности выполнять физические нагрузки анаэробной направленности, что может быть связано с меньшей мышечной массой и более низкой гликолитической способностью [12].

В настоящее время имеется ряд исследований, в которых показана зависимость между уровнем физической работоспособности и развитием кардиореспираторной системы в разных возрастно-половых группах: с возрастом происходит неравномерное увеличение показателей кардиореспираторной системы и максимального объема выполненной на велоэргометре работы, что происходит в результате совершенствования механизмов энергообеспечения

мышечной деятельности. Повышается мощность сократительного аппарата сердца, что приводит к увеличению ударного и минутного объема сердца, а также артериального давления [144, 115].

Дыхательная система – функциональная система, включающая центральные (регуляторные) и периферические нервные компоненты, а также органы, которые непосредственно участвуют в газообмене. Основными задачами дыхательной системы являются: обеспечение организма кислородом и удаление конечного продукта окисления – двуокиси углерода, а также поддержание кислотно-щелочного баланса внутренних сред [19]. Максимальная эффективность обмена газов достигается сопряженной работой дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Как было указано выше, функциональные системы растущего организма развиваются гетерохронно, поэтому приспособленность к различным факторам среды возникает на разных этапах онтогенеза [11, 13, 206, 30, 19]. При этом развитие дыхательной системы подчиняется закономерностям, установленным для других систем организма. Пубертатный период характеризуется ростом и развитием системы дыхания, которые обусловлены нейроэндокринными изменениями, усилением обменных процессов и повышением энергетических затрат организма [19]. В развитии органов дыхания в подростковом периоде отмечается ряд особенностей. Грудная клетка и дыхательные мышцы интенсивно развиваются, происходит увеличение объема легких, дыхание становится более редким и глубоким. Объем легких с момента рождения и до начала полового созревания увеличивается в 10 раз, а к моменту окончания пубертатного периода до 20 раз [39]. Поэтому именно в подростковый период происходит быстрый рост и развитие всей дыхательной системы. Необходимо отметить, что для детей характерен частый и не очень стабильный ритм дыхания, небольшой дыхательный объем, низкая скорость воздушного потока, короткие дыхательные пути. С возрастом ритм дыхания изменяется: становится более стабильным и редким, однако в пубертатном возрасте он всё еще неровный, скорость воздушного потока увеличивается. Глубина дыхания в 8 лет в 2 раза меньше, чем

у взрослых к 15-16 годам достигает величин, характерных для взрослых [192]. По величине легочной вентиляции, которая зависит от частоты и глубины дыхания, в настоящее время оценивается эффективность внешнего дыхания. При этом необходимо учитывать темпы прироста мощности аппарата дыхания, увеличивающиеся в пубертатном периоде. По мнению Н.А. Фомина [186], легочная вентиляция с 11-12 до 17-18 лет возрастает в 1,5 раза, а в 15-16 лет может достигать значений 130-140 л/мин.

У детей механорецепторный и центральный механизмы регуляции дыхания еще недостаточно зрелые, что может отражаться на физиологических сдвигах дыхательной системы в процессе адаптации. Так, например, в возрасте 7-10 лет наблюдаются плавные изменения морфофункционального состояния, увеличение функциональных и резервных возможностей дыхания. В возрастном периоде 6-7 лет значительно снижается бронхиальное сопротивление, что способствует увеличению объема вдоха и выдоха, в 10-11 лет происходит интенсивное увеличение объема легких [50]. Частота дыхания (количество раз в минуту) в 12-летнем возрасте составляет 18-20, к 14 годам она приближается к уровню взрослых [102]. Частота дыхательных актов в покое у взрослого человека колеблется от 14 до 18 раз в минуту, при этом минутный объем дыхания (МОД) составляет 5-8 л. У подростков показатели минутного объема дыхания в 11 лет достигают значений 4,5-4,6 л, а в 14 лет – около 5 литров. Величина МОД – важный функциональный показатель внешнего дыхания человека, зависит от пола, возраста и уровня тренированности. В покое у взрослых людей минутный объем дыхания в среднем равен 8-10 л, а у спортсменов – 5-12 л, но может достигать 18 л и более [117].

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) зависит от многих факторов, поэтому в литературе наблюдаются различия у разных авторов. В пубертатном периоде происходит увеличение значений ЖЕЛ [39] и к 16-17 годам достигает функционального состояния уровня взрослого человека. Выносливость и работоспособность дыхательной мускулатуры у юношей, не занимающихся спортом, увеличивается до 17 лет [63]. Глубина дыхания у спортсменов всегда

больше, что является экономным приспособлением органов дыхания и наиболее полно обеспечивает потребности организма в кислороде. У здоровых людей минутная вентиляция легких колеблется от 70 до 150 л/мин [192]. Жизненная емкость легких является суммой трех объемов – дыхательного объема (ДО), резервного объема вдоха (РОВд) и выдоха (РОВыд). В подростковом возрасте происходит увеличение таких показателей как резерв дыхания и минутная вентиляция легких (МВЛ) [39]. Известно, что у детей более высокая скорость обмена веществ, большая потребность в кислороде, при этом возможности адаптации к анаэробным условиям более низкие. Физическая нагрузка вызывает увеличение частоты и глубины дыхания, а также размеров окружности грудной клетки и ее подвижность, так как потребление кислорода работающими мышцами и функция органов дыхания возрастает. Адаптация дыхательной системы, в том числе в процессе онтогенеза, позволяет поддерживать минутный объем вентиляции легких при урежении частоты дыхания, что происходит за счет увеличения емкости легких и объема вдоха [113, 200]. Выше сказанное свидетельствует о совершенствовании функций аппарата внешнего дыхания у подростков и юношей.

Значительной перестройкой органов и систем в подростковом периоде обусловлено повышение нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Важнейшим показателем адаптационно-приспособительных возможностей организма является функциональное состояние сердечно-сосудистой системы [101, 113, 142] Морфофункциональное состояние сердца спортсменов зависит от возраста, интенсивности физических нагрузок и длительности спортивного стажа [31, 33, 27, 115, 213, 219, 86 и др.].

Анализ научной литературы показал следующее: сердечно-сосудистая система в подростковом возрасте претерпевает существенные изменения: увеличивается масса желудочков, толщина стенок сердца и его объем (у мальчиков в 13-14 лет отмечается наибольшая прибавка), размеры мышечных волокон и количество ядер в них. В исследованиях А.W. Bjerring et al. [219], проведенном на 12-летних лыжниках, выявлено, что у спортсменов

подросткового возраста наблюдается значительное ремоделирование сердца, проявляющееся увеличенными размерами камер левого и правого желудочков, толщиной стенки и массой левого желудочка. Степень ремоделирования коррелировала с аэробной нагрузкой. Это подтверждает мнение о том, что такие изменения могут происходить даже до полового созревания. Различий в функциональных параметрах левого желудочка между спортсменами и контрольной группой не обнаружили. Функция правого желудочка у спортсменов оказалась ниже, хотя и оставалась в пределах нормы [219]. Объем сердца к 18 годам достигает величин, сопоставимых с взрослыми людьми, увеличивается интенсивность обменных процессов в миокарде [39].

Структурно-функциональные изменения, происходящие в определенной последовательности на разных возрастных этапах, в критические периоды развития могут неблагоприятно сказываться на функциональной возможности органов и организма в целом. Считается, что критическими периодами в развитии сердца являются 6-7, 11-13 и 16-17 лет [180]. Рост сердца находится в тесной связи с общим ростом тела [222]. Наиболее интенсивный рост сердца наблюдается в первые годы жизни и в конце подросткового периода, наибольший прирост массы сердечной мышцы у мальчиков наблюдается после 14 лет и с момента рождения увеличивается примерно в 6 раз (от 10 до 55-60 мл) [73]. В подростковом периоде происходит увеличение сердца в длину, ширину, возрастает объем его полостей. Деятельность сердца и сосудов связана с изменениями в нервной системе и гормонального уровня. Без морфологического развития миокарда сила его сокращения не может обеспечить выброс достаточного количества крови в сосудистое русло [12, 219 и др.].

Измерение частоты сердечных сокращений, как легко регистрируемого физиологического параметра, широко применяется в практике спорта. Данный показатель связан с мощностью внешней работы и потреблением кислорода во время мышечной работы [115]. Имеются данные, указывающие на то, что начало полового созревания сопровождается увеличением артериального давления (АД). Это необходимо для поддержания оптимального уровня кровоснабжения

организма при быстром увеличении массы и длины тела. С возрастом у юношей наблюдается равномерное увеличение значений АД, которые тесно связаны с повышением сосудистого тонуса [63, 39, 66, 187].

Величины УО и МОК в условиях покоя зависят как от антропометрических данных, так и от ряда других факторов: функционального состояния миокарда, объема полостей сердца, емкости кровеносных сосудов, рефлекторных и гормональных влияний [21, 107, 27, 55 и др.]. Ударный объем у детей 10-12 лет в среднем составляет 44 мл, продолжает расти до 15-16 лет и достигает величин от 38 до 77 мл (в среднем 59 мл), наиболее значительное увеличение у мальчиков происходит в возрасте 13-16 лет. С возрастом адаптационные возможности ССС к физическим нагрузкам увеличиваются. Это обеспечивается, в том числе, и повышением МОК, который в 14-17 лет составляет 3,8-4,3 л/мин, увеличиваясь примерно в 3 раза с момента рождения [73, 39 и др.]. В возрасте 13-14 лет отмечается наибольший прирост функциональных возможностей ССС у подростков [39]. Минутный объем кровообращения у подростков с возрастом увеличивается. Во время выполнения физических нагрузок по сравнению с покоем МОК может повышаться в 5-6 раз и происходит, в основном, за счет увеличения частоты сердечных сокращений [73, 43, 39, 107, 1]. Увеличение инотропизма миокарда наблюдается вследствие его гипертрофии, благодаря чему увеличивается сила сердечного сокращения, что является важным механизмом оптимизации кровообращения.

Необходимо отметить, что показатель МОК обычно используется для оценки оптимальной работы сердца при физической нагрузке. Важным адаптационным механизмом увеличения МОК является изменение ЧСС [43, 1 и др.]. Вследствие хронотропного влияния на синоатриальный узел блуждающих и симпатических нервов происходит изменение сердечного ритма. Хронотропные изменения деятельности сердца обычно сопровождаются инотропным влиянием на миокард, поэтому тахикардия и рост УО сопровождается увеличением. Увеличение мышечной массы сопровождается ростом потребления кислорода. Для адекватного обеспечения организма кислородом увеличивается размер

сердца, потребление кислорода миокардом, МОК и УО. Во время мышечной работы увеличивается и объем кровотока через работающие мышцы, что позволяет сохранять приток кислорода и субстратов окисления. Поэтому наиболее надежным механизмом срочной адаптации при физической работе является увеличение МОК, либо за счет увеличения ЧСС, либо совместного повышения ЧСС и УО [21, 14, 86 и др.]. Н.Д. Граевская с соавт. [36] в своей работе отмечает, что при переутомлении возможно снижение УО и сократимости миокарда, либо его увеличение без увеличения размеров сердца.

По мнению ряда авторов, объективная оценка величин УО и МОК возможна только при учете размеров поверхности тела, что приводит к необходимости определения сердечного индекса (СИ), который с возрастом уменьшается [54, 43, 21 и др.]. Величина СИ является основой для выделения типов кровообращения. Во время выполнения одинаковой по мощности физической нагрузки СИ имеет в большей степени морфологическую природу, связанную с размерами тела, нежели функциональную [39].

Функциональное состояние артериального русла ССС оценивается по величинам общего (ОПСС) и удельного периферического сопротивления сосудов (УПСС), которое рассчитывается с учетом площади поверхности тела [146, 64 и др.]. Эти показатели с возрастом изменяются разнонаправлено: ОПСС снижается, а УПСС увеличивается, т.к. снижается величина СИ [64]. Состояние периферического отдела артериального русла определяет кровоснабжение тканей организма, трофику и обмен веществ. Величина УПСС может характеризовать состояние ССС в целом [146]. Интенсивный прирост данного показателя у мальчиков отмечается в возрасте 12 и 16 лет [175].

Согласно литературным данным, система кровообращения в подростковом периоде функционирует достаточно напряженно. Неблагоприятные факторы способствуют увеличению симпатических влияний на сердце и сосуды. В подростковом возрасте иногда возникают обратимые нарушения в деятельности ССС, связанные с перестройкой эндокринной системы [73]. В возрасте 11-15 лет происходит стабилизация параметров центральной гемодинамики. Наблюдается

увеличение периферического кровотока и реактивность центрального звена кровообращения, «экономичность» адаптационных реакций снижается. В дальнейшем, в 16-17-летнем возрасте, функциональное состояние ССС, в первую очередь, обусловлено характером перестроек деятельности миокарда и характеризуется стабилизацией параметров сердечной деятельности [172]. С возрастом время восстановления после физической нагрузки укорачивается, так как становится более надежной регуляция сердечной деятельности [186].

У спортсменов, тренирующих выносливость, сердечно-сосудистая система обладает большими резервными возможностями, в условиях покоя работает в более экономичном режиме, тогда как у спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми и игровыми видами спорта, наблюдалась неэффективность гемодинамического обеспечения нагрузки, несмотря на высокий исходный уровень толерантности [171, 141].

В процессах адаптации к изменяющимся условиям жизнедеятельности одно из ведущих мест занимает вегетативная нервная система (ВНС). Деятельность сердца регулируется блуждающими и симпатическими нервами. Изменения функционального состояния миокарда связаны с преобладанием деятельности одного из отделов ВНС. Блуждающие нервы берут свое начало в продолговатом мозге, симпатические отходят от шейного симпатического узла. Сердечная деятельность под влиянием импульсов, передающихся по блуждающим нервам, тормозится, происходит уменьшение силы сердечных сокращений и урежение ритма. Импульсы, поступающие к сердцу по симпатическим нервам, напротив, вызывают учащение ритма сердечных сокращений и усиление сердечных сокращений [8, 28, 203, 204, 64, 140, 142, 31-32, 259 и др.]. Под влиянием спортивной тренировки, наиболее выраженные изменения наблюдаются в дыхательной и сердечно-сосудистой системах, в которых прослеживается экономизирующий эффект. В результате усиления активности блуждающего нерва происходит урежение дыхания и частоты сердечных сокращений (ЧСС), снижаются артериальное давление, увеличиваются ударный и минутный объем кровообращения, отмечается гипертрофия миокарда [186, 86 и др.].

В своей работе Н.И. Шлык [203], указывает на то, что оптимальным в вегетативной регуляции сердечного ритма у детей и подростков является преобладание автономной регуляции, которая позволяет достигать оптимума функционирования без перенапряжения системы управления. При выраженной высокой активности центрального контура наблюдается подавление процессов саморегуляции, функциональные и адаптивные возможности организма существенно ниже, дизрегуляторные проявления более выражены. По мнению Н.И. Шлык [203], вегетативное обеспечение сердечного ритма при занятиях спортом можно рассматривать как генетический фактор в развитии сердечно-сосудистых патологий, особенно у детей с центральным контуром регуляции.

Синусовый узел обладает быстрым и широким диапазоном реагирования на различные воздействия, так как связан с вегетативными центрами, гипоталамусом, корой больших полушарий, гуморальными каналами [140, 259 и др.]. У детей преобладает тонус симпатических центров, поэтому ЧСС выше, чем у взрослых. Тоническое влияние на сердце блуждающего нерва с возрастом постепенно усиливается [14, 31, 228]. В пубертатный период усиливается роль блуждающего нерва, что проявляется в снижении частоты сердечных сокращений. На изменение кровяного давления, дыхания, ритма сердечной деятельности оказывают влияние повышенная возбудимость и увеличение общей реактивности нервной системы. Недостаточная уравновешенность процессов возбуждения и торможения во время физических нагрузок может обусловить временное нарушение взаимодействия вегетативных и двигательных функций, менее рациональные адаптивные реакции кардиореспираторной системы [45].

На одинаковые физические нагрузки детский организм реагирует по-разному: у детей с преобладанием автономной регуляции активно включаются центральные механизмы регуляции, с центральным – автономные [203]. Систематические физические нагрузки способствуют усилению роли парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, вследствие чего возникает устойчивость организма к возникновению патологий сердечно-сосудистой системы в условиях перенапряжения [114, 164, 256 и др.]. По данным

ряда авторов, заметное усиление тонуса парасимпатического отдела ВНС отмечается в возрасте 11-13 лет, хотя сохраняется влияние симпатического отдела на ритм сердечных сокращений. В возрасте 14 лет незначительно преобладают парасимпатические влияния, к 15-16 годам равновесие между адренергическими и холинэргическими влияниями на сердце вновь нарушается.

В процессе адаптации к мышечным и психоэмоциональным воздействиям совершенствуются регуляторные механизмы [138, 10, 31]. Под влиянием физических нагрузок, с ростом уровня тренированности отмечается изменение тонуса и баланса отделов вегетативной регуляции в комплексе с физиологическими и биохимическими компонентами адаптации, происходит усиление парасимпатических влияний ВНС [138, 140, 114, 106, 256].

Таким образом, современные исследования показывают, что адаптационные возможности взрослого человека значительно выше, чем у детей и подростков, при этом окончательное завершение морфологического и функционального формирования всех уровней управления деятельностью организма человека завершается к 20-22 годам. К этому возрасту достигается надежность функционирования всех систем организма, что обеспечивает физиологическим процессам широкие адаптационные возможности. Между тем, в современном спортивном сообществе имеет место быть значительное «омоложение» спорта, что, несомненно, вызывает тревогу за здоровье юных спортсменов и требует более тщательного изучения особенностей приспособления растущего организма к значительным тренировочным и соревновательным нагрузкам, а также разработке модельных характеристик оптимального функционального состояния организма на этапах многолетней подготовки.

### **1.3. Теоретические основы модельных характеристик адаптации спортсменов**

Система современного научно-методического обеспечения спорта включает в себя среди других мероприятий (прогноз спортивных достижений,

совершенствование критериев отбора в сборную, осуществление комплексного контроля и др.) такой важный аспект, как разработка модельных характеристик спортсменов высшей квалификации, внедрение современных средств и методов в практику подготовки спортивных сборных команд [182]. В документе «Методические рекомендации по разработке научно-обоснованных модельных характеристик подготовки спортсмена по виду спорта, имеющих прикладное значение» [116] указано, что «...При создании модели подготовки спортсмена важнейшими факторами являются возраст, спортивный стаж, особенности физического и психического развития, то есть комплекс морфофункциональных признаков, характеризующих возрастную уровень биологического развития и уровень функциональной подготовленности основных систем организма». Условиями, определяющими модель, являются: информативность тестов педагогического, психологического и медико-биологического контроля, на различных этапах спортивного пути, который занимает около 10 лет непрерывной спортивной подготовки [116]. Для каждого вида спорта имеются свои принципы спортивной ориентации, так же как и выделены этапы многолетней подготовки с изменяющимися задачами.

В работе К.В. Вырупаева с соавт. [30] показано, что при формировании модельных характеристик в определенном виде спорта «...важнейшим принципом является принцип системного подхода к оценке спортивной деятельности, который позволяет глубже понять все многообразие взаимосвязанных и взаимообусловленных морфологических и психологических процессов, происходящих при адаптационных перестройках организма к сложным и часто экстремальным условиям жизни».

Согласно мнению В.Б. Шварца с соавторами «В процессе естественного спортивного отбора спортсмены высокого класса становятся «эталонном», по которому можно судить о специфических требованиях, предъявляемых к организму отдельными видами спорта» [201]. Автор отмечает, также, что «...спортсмены отличаются своими конституциональными особенностями; представители разных видов спорта имеют свои морфологические особенности;

спортсмены высокого класса морфологически отличаются от спортсменов средней и низкой квалификации; чем выше квалификация спортсмена, тем меньше морфологические различия между ними. Морфологические особенности – это лишь один из основных селективных факторов, определяющих перспективность спортсмена» [201].

В настоящее время в практике физической культуры и спорта, а также в спортивной медицине и физиологии уделяется большое внимание разработке модельных характеристик морфофункционального состояния спортсменов высокого уровня. Такие модельные характеристики определяются с помощью педагогических тестов, физиологических, расчетных и клинических методов исследования, которые позволяют выявить показатели, лимитирующие уровни спортивных достижений в конкретных спортивных дисциплинах. Полученные количественные значения основных морфофункциональных параметров организма могут быть использованы для решения задач спортивного отбора и для коррекции и планирования тренировочного и восстановительного процесса.

Исходя из потребностей современного спортивного отбора, множество специалистов озадачены изучением модельных характеристик, которые, несомненно, отражают наилучшее функциональное состояние организма. Общепринято, что для более эффективного спортивного совершенствования необходимо выявлять основные морфофункциональные особенности организма спортсменов экстра-класса.

Все модельные характеристики принято разделять на: консервативные, которые практически не поддаются влиянию тренировки (генетические маркеры), и не консервативные, которые хорошо изменяются под влиянием тренировки. В настоящее время в научно-методической литературе встречаются исследования, касающиеся модельных характеристик спортсменов в разных видах спорта, которые затрагивают различные показатели, имеющие значение для достижения высоких спортивных результатов [41, 202, 171, 2, 25, 26, 172 и др.] Так, в монографии Л.П. Сергиенко [154] приведены факторы, определяющие высокие спортивные результаты в различных видах спорта, среди которых отмечаются и

морфофункциональные показатели. В процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам у бадминтонистов наблюдаются следующие функциональные особенности: умеренная брадикардия, снижение артериального давления, повышение ударного объема и МОК, а также сосудистый тип регуляции кровообращения с напряженным вегетативным балансом [176]. Определенные модельные характеристики выявлены и для спортсменов-бегунов на разные дистанции. Так, в беге на короткие дистанции наибольшая значимость отводится длине и массе тела, их соотношению, составу мышечной ткани, эластичности мышц, значительным функциональным способностям, высокой физической работоспособности и развитию комплекса физических качеств (скоростных, силовых, координационных) [154]. Как отмечает в своей работе З.Г. Орджоникидзе с соавт. [123], для футболистов важными компонентами наряду с выносливостью являются сила и мощность, в связи с чем, для них важны и аэробные, и анаэробные механизмы энергообеспечения.

Хоккей является одним из наиболее сложных и эмоциональных видов спорта. С точки зрения спортивной физиологии двигательная деятельность хоккеиста представляет собой динамическую скоростно-силовую работу с переменной интенсивностью. Интенсивность физической нагрузки определяется напряженностью и продолжительностью игры, количеством игроков на площадке и колеблется в пределах от максимальной до умеренной. Для хоккея с шайбой характерно сочетание кратковременных периодов относительного отдыха с активными действиями спортсменов на игровой площадке. Большую часть нагрузки хоккеиста составляет работа довольно большой мощности скоростно-силового характера, которая требует проявления высокого уровня общей, скоростной и специальной выносливости. Высокая интенсивность ведения игры выражается в двигательных проявлениях скоростно-силового характера с многократно повторяющимися изменениями скорости, ритма, направления движений, реализация которых возможна при достаточном объеме выработанной функциональными системами организма энергии с использованием различных компонентов метаболизма [250, 251, 51, 179, 112, 145, 60].

В ряде исследований указывается на то, что элитные хоккеисты имеют более высокую массу тела и массу скелетных мышц в сравнении с менее квалифицированными игроками [216, 215, 272]. Подобные данные были получены В.Э. Занковец с соавт. [53], которые исследовали игроков континентальной хоккейной лиги (КХЛ). Выявлено, что профессиональные хоккеисты в среднем имеют высокий рост, массу тела и индекс массы тела, но при этом более низкие показатели жировой массы тела.

По мнению В.К. Зайцева [51], «...интенсивный специализированный процесс подготовки хоккеистов вызывает смену приоритетов систем организма по выработке энергии. Ведущую роль занимает анаэробная система организма, характеризующаяся повышенной мощностью анаэробного порога и высоким уровнем экономичности при выполнении специфической деятельности. Показатели аэробной производительности организма хоккеистов после физической нагрузки в подготовительный период отражают повышение уровня их функциональных возможностей, позволяют освоить большой объем анаэробной работы и могут служить оценкой роста их тренированности». В работе S. Lau с соавт. [239] отмечается, что в игровой деятельности хоккеистов на долю анаэробных процессов ресинтеза АТФ приходится 69% и 31% составляет окислительное фосфорилирование.

В современных литературных источниках имеются данные, свидетельствующие о том, что высокая интенсивность физической нагрузки в хоккейном матче на 85-90% обеспечивается энергией системы гликолиза, производительность которой имеет прямую зависимость от состояния и возможностей аэробной энергетической системы организма спортсмена, отражаемой показателями величины максимального потребления кислорода. Энергетические системы помогают хоккеисту выдержать специальную физическую нагрузку высокой интенсивности, величина которой определяется длительностью работы на уровне лактатного порога, а также скоростью ликвидации кислородного долга и утилизации лактата в паузах между игровыми отрезками матча [51, 126, 130, 179, 257, 112, 236].

Морфотипологические характеристики также являются модельными. В работе R. Roszniok с соавт. [257] указывается на то, что игроки, отобранные в команду более высокого уровня, имеют меньший процент жировой ткани, обладают высокой анаэробной мощностью и выносливостью, а также более высокими значениями МПК. Хоккеист с более высокими значениями МПК способен выдерживать физическую нагрузку более высокой интенсивности более продолжительное время, что является характеристикой уровня его тренированности [241]. Значения ЧСС во время матча в среднем составляют 85-90% от максимальных значений [250]. При изучении физической работоспособности хоккеистов разной квалификации и возраста [135, 131, 59, 60 и др.] установлено, что данный показатель тесно связан и с максимальным потреблением кислорода (МПК), величина которого зависит от возможностей кардиореспираторной системы и деятельности центральной нервной системы (ЦНС) [29, 14, 39 и др.]. Как отмечает в своих исследованиях А.А. Плетнёв [135], модельными характеристиками ССС и вегетативного гомеостаза для хоккеистов-любителей 18-22 лет являются нормокардия, эукинетический тип кровообращения, более высокие показатели ударного объема крови и уровня периферического кровотока, доминирование инотропной функции сердца и надсегментарного уровня регуляции артериального давления, централизация управления ритмом сердца и повышение тонуса симпатической нервной системы.

Тем не менее в современных научных источниках существует некоторое разногласие по вопросу отнесения хоккея к видам спорта, исходя из вида мышечной работы. Так, согласно классификации Л.П. Матвеева [111], хоккей относится к виду спорта, для которого характерна активная двигательная деятельность с предельным проявлением физических и психических качеств, тогда как J. Mitchell с соавт. [248] причисляют его к виду спорта со статической нагрузкой умеренной интенсивности и динамической нагрузкой высокой интенсивности с опасностью получения травм. По мнению А.Г. Дембо с соавт. [43], это вид спорта с ациклической работой переменной мощности, направленной на развитие ловкости, быстроты и силы. К характерным чертам хоккея относятся:

неравномерность физической нагрузки на протяжении всей игры, что обусловлено соотношением сил команд-соперников, игровой ситуацией на площадке, уровнем морфофункционального развития и подготовленности хоккеистов [39, 241, 128, 145, 60]. На наш взгляд, именно этот аспект, определяющий многокомпонентность в структуре игры, многофакторность и сложность влияния внешних факторов, является одним из основополагающих для определения механизмов адаптации к таким видам нагрузки.

### **Резюме**

Резюмируя вышеизложенное, хотелось бы отметить, что в настоящее время в современных наукометрических базах имеется достаточное количество научно-исследовательских работ, посвященных вопросам адаптации хоккеистов разного возраста к определенным физическим нагрузкам. Анализ научно-методической литературы показал, что эти исследования, носят разрозненный характер. Несмотря на значение уровня физического развития для успешной реализации спортивной деятельности при игре в хоккей, практически отсутствуют комплексные научные исследования, касающиеся изменений морфометрических показателей в возрастном аспекте. В научно-методической литературе недостаточно широко представлены также и индивидуально-типологические особенности реагирования организма хоккеистов разного возраста на дозированную физическую нагрузку, в частности, анаэробную. До настоящего момента, практически не изучена структура и эффективность специальной адаптивной функциональной системы, обеспечивающей оптимальное функционирование организма хоккеистов на различных этапах многолетней подготовки. Недостаточно сведений о комплексном медико-биологическом подходе к оценке функционального состояния организма хоккеистов с четкими шкалированными критериями. Вышесказанное побудило к проведению собственных комплексных исследований морфофункциональных характеристик адаптации организма хоккеистов на этапах многолетней подготовки.

## ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Организация исследования

Экспериментальная часть исследования проведена на базе кафедры естественно-научных дисциплин и в научно-исследовательском институте деятельности в экстремальных условиях (НИИ ДЭУ) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта». Участвовали 172 хоккеиста в возрасте от 11 лет до 21 года, тренирующихся в спортивных клубах г. Омска. Стаж занятий спортом у исследуемых варьировал в диапазоне от 5 до 15 лет. С целью изучения особенностей морфофункционального состояния хоккеистов было выделено 5 возрастных групп, которые соответствовали определенным этапам многолетней подготовки (Таблица 1). Исследования проводили в подготовительном периоде годичного цикла подготовки. В контрольные группы (КГ) вошли лица, не занимающиеся спортом, соответствующего возраста: 11-12 лет (n=45), 13- 14 лет (n=42), 15-16 лет (n=42), 17-18 лет (n=41) и 19-21 год (n=39). Согласно возрастной периодизации, принятой АПН СССР (1965), группы мальчиков 11-12 лет относятся к периоду второго детства (завершение), от 13 до 16 лет – подростковому периоду и от 17 лет до 21 года к юношескому периоду.

Таблица 1 – Распределение хоккеистов по группам

	Этапы и периоды спортивной подготовки					Всего
	Спортивная специализация (тренировочный этап)		Совершенствования спортивного мастерства		Высшего спортивног о мастерства	
	Начальная специализация	Углубленная специализация	До двух лет	Свыше двух лет		
Возраст, лет	11-12	13-14	15-16	17-18	19-21	
Квалификация	без разряда	без разряда, 3 разряд	2 и 1 разряд	2, 1 разряд, кмс	1 разряд, кмс	172
Хоккеисты, n	36	34	34	37	31	

В каждой группе был проведен комплекс исследований, позволяющий оценить уровень физического развития, силовых возможностей, функционального

состояния дыхательной системы, процессы срочной и долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам, а также особенности вегетативной регуляции сердечного ритма. Для всех испытуемых соблюдалось единство требований при проведении обследований, которые осуществлялись в первой половине дня согласно основным требованиям к гигиеническим условиям и Международным биоэтическим требованиям и правилам. Для участия в исследовании все испытуемые или их законные представители давали письменное информированное согласие.

Согласно этапам спортивной подготовки тренировочный процесс хоккеистов предусматривал увеличение количества тренировочных часов в неделю от этапа спортивной специализации (начальной и углубленной) к этапам совершенствования спортивного мастерства (до 2-х лет и свыше 2-х лет) и высшего спортивного мастерства (14-18-24-28-32 часа соответственно). Общее количество часов в год составляло на этапе спортивной специализации (728 и 936), совершенствования спортивного мастерства – 1248 и 1456, высшего спортивного мастерства – 1664. На долю физической нагрузки приходилось: на этапе спортивной специализации 57-63 и 52-59% соответственно, совершенствования спортивного мастерства – 48-59%, высшего спортивного мастерства – 49-55%.

Доля специальной физической подготовки варьировала от 10-11% до 13-14% в зависимости от этапа, тактической подготовки от 7-9% до 13-15%, доля общей физической подготовки от 10-11% до 3-4%, технической подготовки от 15-16% до 5-6%, доля участия в спортивных соревнованиях составляла 15-16% (от этапа спортивной специализации к этапу высшего спортивного мастерства) [120, 183].

## **2.2. Методы исследования**

Для реализации поставленных задач нами были использованы следующие методы исследования: антропометрические и физиологические методы, метод

тестирования физической работоспособности и методы математической статистики. Функциональные, резервные и адаптивные возможности дыхательной и сердечно-сосудистой систем определялись с помощью информативных тестирующих нагрузок и расчетных индексов, широко используемых для массовых скрининговых исследований.

### 2.2.1. Антропометрические методы исследования

Исследование физического развития проводили с использованием антропометрических методик [106, 107, 110, 85]:

- 1) соматометрические – измерение длины и массы тела, окружности грудной клетки в покое (ОГК покой), на вдохе (ОГК вдох) и на выдохе (ОГК выдох), экскурсии грудной клетки;
- 2) физиометрические – жизненной емкости легких (ЖЕЛ), жизненного индекса (ЖИ), кистевой динамометрии левой и правой рук (ДК), становой динамометрии (ДС).

Площадь поверхности тела ( $S^2$ ) рассчитывалась по формуле Дюбо [106]:

$$S^2 = 167,2 \times \sqrt{M \times D} \times 10^{-4}, \text{ м}^2, \text{ где}$$

Д – длина тела (см), М – масса тела (кг).

Для оценки пропорциональности физического развития использовался индекс Кетле (ИК) [57]:

$$ИК = \text{масса тела} / \text{длина тела}^2, \text{ кг/м}^2.$$

Показатель развития грудной клетки (индекс Эрисмана) определялся по формуле [57]:

$$ИЭ = \text{ОГКпокой} - \text{длина тела}/2, \text{ усл. ед.}$$

Примечание: оценка результатов для детей и подростков от 11 до 16 лет проводилась согласно следующей градации: более 1 – широкая грудная клетка, от -3 до +1 – нормальная грудная клетка, менее -3 – узкая грудная клетка. Для определения индекса Эрисмана для хоккеистов старше 17 лет использовалась следующая оценка: отрицательные значения – недостаточное развитие грудной клетки; от 1 до 5 – нормальное развитие, более 5 – широкая грудная клетка [85].

Для характеристики направленности ростовых процессов (соотношения массы и длины тела) использовался индекс стении (ИС) [46]:

$$ИС = \text{длина тела (см)} / (2 \times \text{масса тела (кг)} + \text{ОГК (см)}), \text{ усл. ед.}$$

Примечание:  $ИС \geq 1,35$  – выраженная долихоморфия (вытягивание),  $ИС = 1,35-1,25$  – умеренная долихоморфия;  $ИС = 1,25-0,85$  – мезоморфия;  $ИС = 0,85-0,75$  – умеренная брахиморфия (преимущественный поперечный рост);  $ИС \leq 0,75$  – выраженная брахиморфия.

### 2.2.2. Физиологические методы исследования

Исследование функционального состояния дыхательной системы проводилось с помощью ряда показателей, которые позволяют оценить вентиляцию легких. С использованием спирометра «СпироС-100» (Россия) по стандартной методике определялась жизненная емкость легких (ЖЕЛ, л), включающая в себя три объема: дыхательный объем (ДО, л), резервный объем вдоха (РОВд, л) и выдоха (РОВыд, л) [192, 117].

Жизненный индекс (ЖИ) рассчитывался для определения функциональных возможностей дыхательной системы:

$$ЖИ = ЖЕЛ / \text{Масса тела, мл/кг.}$$

Средние значения для спортсменов : 65-75 мл/кг [85].

Изучение бронхиальной проходимости и функционального состояния дыхательной мускулатуры осуществлялось с использованием пневматометра ПТ-1. Измерялись: максимальная объемная скорость потока воздуха при форсированном вдохе и выдохе, форсированная ЖЕЛ (ФЖЕЛ, л).

При помощи спирографии проводилось изучение состояния внешнего дыхания. Метод регистрации дыхательных объемов включал следующие измерения: минутный объем дыхания (МОД, л/мин), дыхательный объем (ДО, л) и максимальную вентиляцию легких (МВЛ, л/мин).

Минутный объем дыхания, определяющий количество воздуха, проходящее через легкие за минуту, рассчитывался по формуле:

$$МОД = ДО \times ЧД, л.$$

Количественная оценка резерва дыхания проводилась по коэффициенту:

$$КРД = (МВЛ - МОД) / МВЛ \times 100\%.$$

Нормативными значениями для здоровых лиц исследуемого возраста являются величины 80-90% от должной МВЛ. О снижении функциональных возможностей дыхания свидетельствует КРД ниже 70% [36, 117].

Функциональные возможности системы дыхания изучались с помощью гипоксических проб: задержка дыхания на вдохе (проба Штанге) и задержка дыхания на выдохе (проба Генчи) [210, 107, 85].

Исследование показателей центральной гемодинамики в условиях относительного покоя проводилось с использованием метода тетраполярной реографии по W.G. Kubicek et al. [237] в модификации Ю.Т. Пушкаря с соавт. [139]. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы изучалось с помощью аппаратно-приборного комплекса «Рео-Спектр-3» компании «Нейрософт» (г. Иваново) со встроенной программой «Поли-Спектр-12» и расчетными методами (в условиях относительного покоя, после каждой ступени физической нагрузки, в период срочного восстановления). Частота сердечных сокращений и артериальное давление (систолическое и диастолическое) измерялись с помощью тонометра Omron MХ.

Пульсовое давление (ПД, мм рт. ст.) определяли путем вычисления разницы между систолическим и диастолическим давлением:  $ПД = САД - ДАД, мм рт. ст.$

По формуле проводили расчет среднего артериального давления (АД<sub>ср</sub>, мм рт. ст.) [146]:  $АД_{ср} = ДАД + ПД/3, мм рт. ст.$

Определяли ударный объем (УО, мл), который отражает объем крови, выбрасываемый левым желудочком в аорту за одну систолу. Ударный объем сердца (УО) для спортсменов 11-15 лет вычислялся по формуле:

$$УО = 40 + 0,5 \times ПД - 0,6 \times ДАД - 3,2 \times \text{возраст}, мл.$$

Для спортсменов старшего возраста использовали формулу:

$$УО = 101 + 0,5 \times ПД - 0,6 \times ДАД - 0,6 \times \text{возраст}, мл;$$

Минутный объем кровообращения (МОК, л), отражающий количество крови, выбрасываемое левым желудочком в аорту за одну минуту, рассчитывался по формуле:  $МОК = УО \times ЧСС$ .

Общее (ОПСС,  $\text{дин} \times \text{см} \times \text{с}^{-5}$ ) и удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС, усл. ед.) определялись по формулам:

$$ОПСС = (1322 \times АД_{ср} \times 60) / МОК$$

$$УПСС = АД_{ср} / СИ;$$

Сердечный индекс (СИ,  $\text{л}/\text{мин}/\text{м}^2$ ), позволяющий определить функциональное состояние левого желудочка и тип гемодинамики, рассчитывали по формуле:  $СИ = МОК/S^2$ .

Тип кровообращения у исследуемых 11-16 лет определялся по величине сердечного индекса согласно критериям, предложенным Н.В. Ивановым [54] (Таблица 2).

Таблица 2 – Тип кровообращения по величине сердечного индекса,  $\text{л}/\text{мин}/\text{см}^2$

Тип кровообращения	Возрастные группы, лет	
	11-13	14-16
Гиперкинетический	больше 4,63	больше 4,15
Эукинетический	3,93 – 4,63	2,89 – 4,15
Гипокинетический	меньше 3,93	меньше 2,89

У исследуемых старше 16 лет использовалась величина сердечного индекса (СИ), предложенная А.Г. Дембо с соавт. [43]. Гиперкинетический тип кровообращения (ГрТК) определялся при  $СИ > 3,5 \text{ л}/\text{мин}/\text{м}^2$ , эукинетический (ЭТК) –  $2,75-3,5 \text{ л}/\text{мин}/\text{м}^2$ , гипокинетический (ГТК) при  $СИ < 2,75 \text{ л}/\text{мин}/\text{м}^2$ .

Исходя из показателей двойного произведения (ДП, усл. ед.), или индекса Робинсона, производили оценку потребления кислорода миокардом, коронарного кровотока и механической работы левого желудочка [43, 106]:

$$ДП = ЧСС \times САД/100, \text{ усл. ед.}$$

Оценку адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку проводили по изменению показателей ЧСС и систолического АД по сравнению с данными покоя, для этого рассчитывали индексы инотропного резерва (ИИР) и хронотропного резерва (ИХР):

$$ИХР = (ЧССнагрузка - ЧССпокой) / ЧССпокой, усл.ед.$$

$$ИИР = (САДнагрузка - САДпокой) / САДпокой, усл.ед.$$

С помощью аппаратно-приборного комплекса «Поли-Спектр-12» компании «Нейрософт» (г. Иваново) были изучены показатели спектрального анализа ритма сердца, вариационной пульсометрии, электрокардиографии (ЭКГ). Расшифровка ЭКГ осуществлялась врачом функциональной диагностики НИИ ДЭУ СибГУФК.

Метод вариационной пульсометрии (кардиоинтервалографии) по методике Р.М. Баевского [7-9] использовался для оценки степени напряжения регуляторных механизмов. Определялись следующие статистические параметры ритма сердца: вариационный размах (ВР, с), Мода (Мо, с) и амплитуда Моды (АМо, %). Индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.), отражающий уровень функционирования центрального контура регуляции ритма сердца рассчитывался по формуле:

$$ИН = АМо / 2Мо \times ВР, усл.ед.$$

Исходный вегетативный тонус (ИВТ) определялся по величине ИН: гиперсимпатикотония (выраженное преобладанием тонуса симпатического отдела ВНС) – более 160 усл. ед., симпатикотония (с умеренным преобладанием тонуса симпатического отдела ВНС) – 90-160 усл. ед., эйтония (сбалансированное состояние регуляторных систем ВНС) – 30-90 усл. ед., ваготония (преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС) – менее 30 усл. ед. [191, 28].

В соответствии с Международными рекомендациями оценивались показатели спектрального анализа ритма сердца, [232]: общая мощность спектра (TP,  $мс^2$ ) – отражающая суммарный уровень активности различных звеньев регуляции; абсолютная мощность высокочастотных колебаний (HF,  $мс^2$ ) – характеризующая активность парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга; абсолютная мощность низкочастотных колебаний (LF,  $мс^2$ ) – отражающая активность симпатических центров продолговатого мозга (вазоконстрикторного, кардиостимулирующего); абсолютная мощность очень низкочастотных колебаний (VLF,  $мс^2$ ) – характеризующая активность центральных эрготропных и гуморально-метаболических механизмов регуляции

сердечного ритма. В общей мощности спектра определялась доля высокочастотных (HF, %), низкочастотных (LF, %) и очень низкочастотных колебаний (VLF, %).

Индекс активации подкорковых центров (ИАПЦ, усл. ед.) и индекс централизации (ИЦ, усл. ед.) рассчитывались по формулам:

$$ИАПЦ = LF/VLF, \text{ усл. ед.}$$

$$ИЦ = (VLF + LF)/HF, \text{ усл. ед.}$$

На базе БУЗ Омской области «Врачебно-физкультурный диспансер» сертифицированными врачами ультразвуковой диагностики с использованием ультразвукового диагностического комплекса «LOGIC 5 General Electric» (США) методом эхокардиографии в М-режиме, были получены показатели структурно-функциональных особенностей миокарда в условиях относительного покоя: толщина задней стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ, см), толщина межжелудочковой перегородки (ТМЖП, см), конечно-систолический размер (КСР, см) и конечно-диастолический размер (КДР, см) левого желудочка, ударный объем (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л), фракция выброса (ФВ, %). По формуле R.V. Devereux рассчитывалась масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ, г) [227, 238]:

$$ММЛЖ = 0,8 \times [1,04 \times ((ТМЖП + КДРЛЖ + ТЗСЛЖ)^3 - КДРЛЖ^3)] + 0,6, \text{ г.}$$

Для расчета конечно-систолического объема (КСО, мл) и конечно-диастолического объема (КДО, мл) использовались формулы L.E. Teicholz [263]:

$$КСО = [7 \times (КСР)^3] / (2,4 + КСР), \text{ мл.}$$

$$КДО = [7 \times (КДР)^3] / (2,4 + КДР), \text{ мл.}$$

Определялось отношение КДО/ММЛЖ (мл/г). Индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ, г/м<sup>2</sup>) рассчитывался по формуле:

$$ИММЛЖ = ММЛЖ/S^2, \text{ г/м}^2.$$

### 2.2.3 Метод тестирования физической работоспособности

Применение стандартных дозированных физических нагрузок является одним из широко распространенных методов оценки функционального состояния организма и его систем. К наиболее объективным критериям оценки состояния организма относят уровень физической работоспособности [74, 14, 115 и др.].

Для оценки уровня физической работоспособности под контролем врачей функциональной диагностики испытуемые выполняли ступенчато-возрастающую нагрузку на велоэргометре «MONARK» (Швеция) по методике В.Л. Карпмана (1988). Первая ступень выполнялась испытуемыми в при ЧСС 110-120 уд/мин, вторая – при ЧСС до 170 уд/мин ( $PWC_{170}$ ) в зоне большой мощности [74, 14]. В связи с тем, что данная тестирующая программа отражает преимущественно аэробные возможности организма, для оценки анаэробной работоспособности ( $W_{суб}$ ) использовалась третья ступень нагрузки на велоэргометре, которая выполнялась в течение 1 минуты при ЧСС свыше 180 уд/мин при максимальном темпе в зоне субмаксимальной мощности (по методике Л.Г. Харитоновой, авторское свидетельство № 2007611219 от 6 февраля 2007 г.) [150]. Таким образом, в исследованиях не использовали нагрузки до отказа, однако испытуемый развивал такую максимальную мощность работы, которая соответствовала его функциональным возможностям и уровню физической подготовки. В исследовании придерживались классификации физических нагрузок по зонам мощности по В.С. Фарфелю [181]. Также во внимание принимались время выполнения физической работы по Н.И. Волкову с соавт. и частота сердечных сокращений [цит. по 106], которые позволяли более точно относить физическую нагрузку к определенной зоне мощности.

Мощность работы определяли на второй и третьей ступенях дозированной физической нагрузки. Рассчитывали абсолютную мощность работы [74, 14, 115]:

$$Абс.PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times [(170 - f_1)/(f_2 - f_1)], \text{ кгм/мин, где}$$

$N_1$  – мощность первой нагрузки (кгм),

$N_2$  – мощность второй нагрузки (кгм),

$f_1$  – ЧСС в конце первой нагрузки (уд/мин),

$f_2$  – ЧСС в конце второй нагрузки (уд/мин),

*Абс.  $W_{суб} = N_{max} \times b$ , кгм/мин, где*

$N_{max}$  – максимально развиваемая мощность при ЧСС свыше 180 уд/мин [150, 189].

Расчет относительных показателей  $PWC_{170}$  и  $W_{суб}$  проводился путем деления абсолютных значений на массу тела испытуемого (кгм/мин/кг). По величине максимального потребления кислорода (МПК), как интегрального показателя процессов аэробного энергообразования, осуществлялась оценка аэробных возможностей организма. По значениям  $PWC_{170}$  косвенно оценивалась величина максимального потребления кислорода. Расчет МПК, как показателя производительности кардиореспираторной системы, производился по общепринятой формуле [14]:

- для детей, занимающихся спортом (для лиц невысокой спортивной квалификации):

$$МПК = 1,7 \times PWC_{170} + 1240, \text{ л/мин.}$$

- для квалифицированных спортсменов:

$$МПК = 2,2 \times PWC_{170} + 1070, \text{ л/мин.}$$

Для определения относительных значений МПК абсолютные показатели МПК делили на массу тела испытуемого (л/мин/кг).

#### **2.2.4. Методы математической статистики**

Полученные в результате исследования данные подвергались статистической обработке, которая проводилась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel 2007 и пакета прикладных программ «Statistica 6.0». Для характеристики изучаемых показателей вычисляли среднее арифметическое значение ( $M$ ) и ошибку среднего арифметического ( $m$ ) [34, 56, 18].

По критерию Колмогорова-Смирнова проводилось определение степени соответствия эмпирического распределения нормальному. Достоверность различий изучаемых показателей в различных группах испытуемых проводили по t-критерию Стьюдента для связанных и несвязанных выборок при сохранении

нормального распределения. Для показателей, отличных от нормального распределения, использовался метод U-критерия Манна-Уитни. Оценка статистических данных осуществлялась при уровне значимости  $p < 0,05$ , что в биологических исследованиях обеспечивает необходимую точность [56].

Динамика показателей оценивалась в процентах по формуле С. Броуди:

$$W = \frac{100(V_2 - V_1)}{0,5(V_1 + V_2)} = \%,$$

где  $V_1$  – фоновые значения,  $V_2$  – показатель в данном тесте.

Метод корреляции Спирмена использовался для выявления взаимосвязей между изучаемыми показателями в каждой возрастной группе хоккеистов. Многофакторный анализ проводился с целью сокращения числа переменных и определения структуры взаимосвязей между переменными. Коэффициент эффективности адаптации (КЭА), который определялся по отношению числа сильных («жестких»,  $r > 0,7$ ) корреляционных связей к общему числу достоверных связей [17], использовали для оценки эффективности адаптации.

### **ГЛАВА 3. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТАЦИИ ХОККЕИСТОВ К УСЛОВИЯМ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ**

#### **3.1. Аспекты долговременной адаптации организма хоккеистов на этапах многолетней подготовки**

Известно, что фенотипическое формирование двигательных способностей, как правило, происходит в препубертатном и пубертатном периодах постнатального онтогенеза, в некоторых случаях и много позже. Несмотря на это необходимо помнить и о том, что генетическая предрасположенность к развитию двигательных качеств является лишь основой и может быть реализована или не реализована в процессе жизни [154]. Тем не менее, именно выявление таковой предрасположенности является наиболее важным критерием в спортивном отборе на различных этапах многолетнего тренировочного процесса.

Согласно исследованиям практиков и теоретиков физической культуры и спорта разработано несколько вариантов классификаций этапов многолетнего спортивного отбора [38, 121, 134 и др.]. При этом, выделяя основные этапы отбора, авторы указывают на то, что для выявления перспективности спортивной карьеры на каждом из этапов должны решаться определенные задачи, которые позволяют тренерам и специалистам медико-биологического сопровождения команд не только выявлять наиболее одаренных спортсменов, но и осуществлять мониторинг здоровья, функционального состояния и определять основные средства восстановления организма и оптимизации тренировочного процесса. Этапы спортивного отбора, как правило, согласуются с этапами многолетней спортивной подготовки.

На этапах начальной подготовки и спортивной специализации важными для спортивного отбора хоккеистов являются показатели физического развития, исследование ведущих функциональных систем организма, а также оценка общей

и специальной физической работоспособности [183, 120]. Начальный этап спортивного отбора подразумевает формирование выборки детей, желающих заниматься определенным видом спорта, не имеющих медицинских противопоказаний. Критериями перспективности на этом этапе являются: биологический возраст ребенка, достаточное соответствие морфотипа требованиям вида спорта, должный уровень специальных для вида спорта двигательных способностей и достаточная эффективность энергообеспечения.

Задачей промежуточного отбора является определение узкой специализации спортсмена. Критериями перспективности этого этапа, кроме вышеназванных, являются: возможность перенесения высоких тренировочных и соревновательных нагрузок, наличие резервов к дальнейшему совершенствованию двигательных способностей и функциональных систем организма спортсмена [154]. Для хоккеистов это этап спортивной специализации (тренировочный) (СС), состоящий из двух периодов подготовки: начальной и углубленной специализации (ПНС и ПУС). В нашем исследовании на этапе спортивной специализации находились юные хоккеисты двух возрастных групп: 11-12 и 13-14 лет.

На этапе совершенствования спортивного мастерства (ССМ) согласно «Федеральному стандарту спортивной подготовки по виду спорта хоккей» [183] результатом реализации программы кроме прочих являются: сохранение здоровья хоккеиста и повышение функциональных возможностей организма, что определяет и критерии перспективности, а именно высокую эффективность соревновательной деятельности и уровня специальной подготовленности спортсмена. На этом этапе в нашем исследовании находились спортсмены 15-16 лет (до 2-х лет подготовки) и 17-18 лет (свыше 2 лет).

Этап высшего спортивного мастерства (ВСМ) в нашем исследовании представлен группой хоккеистов 19-21 года и предусматривает повышение стабильности демонстрации высоких спортивных результатов на официальных соревнованиях. Критериями перспективности спортсменов на этом этапе являются положительная динамика становления мастерства, обеспеченная ранее сформированным физиологическим резервом организма (долговременная

адаптация к тренировочным нагрузкам) без форсирования уровня подготовленности.

В связи с вышеизложенным, в 3 главе диссертации представлены результаты исследования, которые касаются морфофункциональных характеристик долговременной адаптации хоккеистов к многолетней мышечной деятельности на этапах становления спортивного мастерства: физического развития, функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем в условиях относительного покоя, возрастных особенностей срочной адаптации организма к дозированным физическим нагрузкам различной направленности.

### **3.1.1 Особенности физического развития хоккеистов на этапах многолетней подготовки**

Основными морфологическими показателями, определяющими эффективность двигательной активности по данным Э.Г. Мартиросова с соавт. [110], являются: тотальные размеры, состав и пропорции тела, соматотип, подвижность суставов, мышечная сила и др. Физическое развитие, определяемое по морфологическим показателям, относится к наиболее информативным для оценки степени физического созревания, а также состояния здоровья ребенка [147, 6, 20, 267, 268 и др.]. Знание особенностей физического развития в постнатальном онтогенезе является важным для выявления адаптационных и функциональных возможностей организма [45, 172, 258]. Каждый возрастной период имеет определенные закономерности и специфику развития. Начало полового созревания является критическим периодом развития (13-14 лет у мальчиков) [180]. В подростковом возрасте (периоде полового созревания) наблюдаются максимальные темпы роста всего организма [11, 102, 258, 20, 267 и др.]. Данный период онтогенеза отчетливо проявляется неравномерность роста, так увеличение длины конечностей преобладает над темпами увеличения длины туловища. Различается скорость роста нижних и верхних конечностей. В

пубертатном периоде особенно выражена разница в биологической зрелости индивидуумов, которая достигает максимума в 13-14 лет, когда различие может составлять до 3,5 лет [39, 40]. Несмотря на это, в настоящее время деление спортсменов по этапам многолетней спортивной подготовки основано на биологическом возрасте.

Выявлено, что с возрастом у исследуемых происходит постепенное увеличение абсолютных значений массы, длины и обхватных размеров тела, что согласуется с общей биологической закономерностью развития организма [57, 11, 13, 147 и др.] (Рисунок 1).

Установлено, что у хоккеистов наблюдаются более высокие значения длины (ДТ) и массы тела (МТ) относительно показателей лиц, не занимающихся спортом, при этом различия по длине тела в пределах одной возрастной группы варьировали от 19 до 34 см, масса тела колебалась от 27 до 46 кг [91].

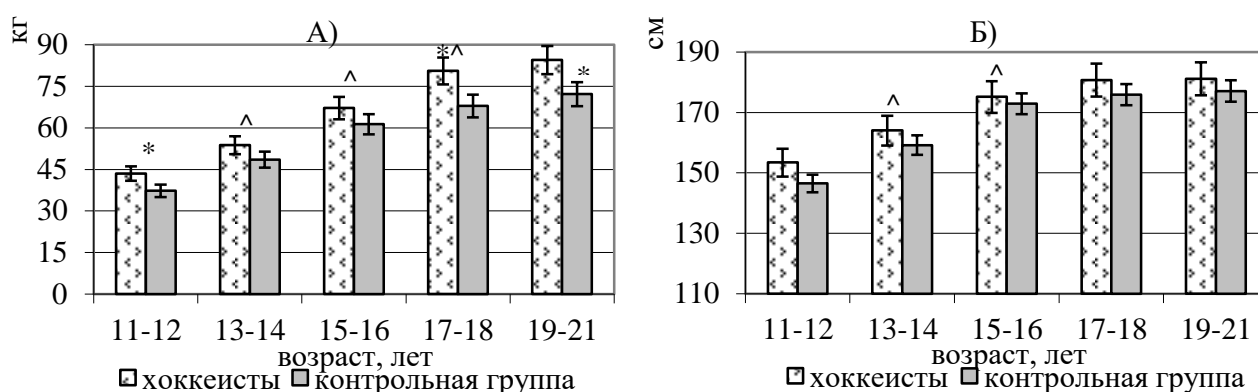


Рисунок 1 – Показатели массы тела (А), кг и длины тела (Б), см хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Столь высокий размах показателей можно объяснить различием игровых амплуа, требующих высокого биомеханического соответствия движениям в игровых ситуациях, что подтверждается исследованиями В.П. Губа с соавт. [37], приводящих факты о различиях ДТ хоккеистов одного возраста на 3,6% и массы тела на 16,4%. Выявлены различия ( $p < 0,05$ ) между показателями длины руки и ноги (Рисунок 2), что указывает на более высокие габариты тела хоккеистов по сравнению с данными КГ.

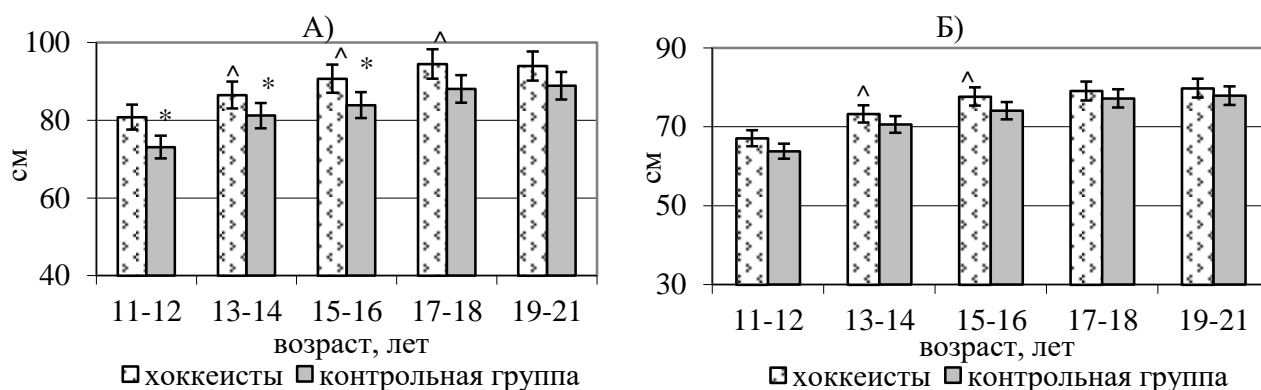


Рисунок 2 – Показатели длины ноги (А) и длины руки (Б) хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, см

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Анализ данных показал существенный разброс показателей физического развития в возрастных группах, что указывает на различные темпы созревания организма исследуемых и обуславливает дальнейшее изучение темпов прироста показателей по методике S. Brody [34], с позиции выявления периодов максимального изменения показателей, сенситивных периодов, а также критических периодов функционирования основных систем организма, лимитирующих физиологический резерв.

Обнаружено, что независимо от занятий спортом максимальное увеличение ДТ (см) отмечается с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет (8% и 7% соответственно каждому возрастному этапу КГ) ( $p < 0,05$ ). Значительный прирост массы тела хоккеистов происходит в возрастные периоды от 11-12 до 13-14 лет (на 21%,  $p < 0,05$ ), от 13-14 до 15-16 лет (на 22%,  $p < 0,05$ ) и от 15-16 до 17-18 лет (на 18%,  $p < 0,05$ ) [91, 95], тогда как у юношей КГ отмечаются только два периода наибольшего увеличения данного показателя: с 11-12 до 13-14 лет на 26% ( $p < 0,05$ ) и с 13-14 до 15-16 лет на 23% ( $p < 0,05$ ).

С возрастом независимо от уровня физической активности увеличивается окружность грудной клетки, при этом у хоккеистов наблюдаются более высокие значения этого показателя по сравнению с КГ (Рисунок 3). Максимальное увеличение экскурсии грудной клетки у хоккеистов отмечается в возрастном периоде с 13-14 до 15-16 лет на 11% ( $p < 0,05$ ), тогда как у подростков КГ

наблюдается два таких периода – с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет (на 4% и 5% соответственно).



Рисунок 3 – Показатели окружности грудной клетки (покой-вдох-выдох) хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, см

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Прирост индекса Кетле (ИК), наблюдается в возрастном диапазоне от 11 лет к 21 году во всех исследуемых группах, независимо от уровня двигательной активности, что соответствует физиологическим нормам. Однако, ИК ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) хоккеистов во всех возрастных группах, кроме 13-14 лет (этап СС, ПУС), превосходит таковой показатель у лиц, не занимающихся спортом ( $p < 0,05$ ). В возрасте 11-12 и 13-14 лет (этап СС) преобладают спортсмены с низким уровнем весо-ростового соотношения (Рисунок 4А) [91, 95]. На наш взгляд, данный факт указывает на то, что скорость окостенения осевого скелета хоккеистов преобладает над приростом мышечной массы, чем и обусловлен дефицит массы тела.

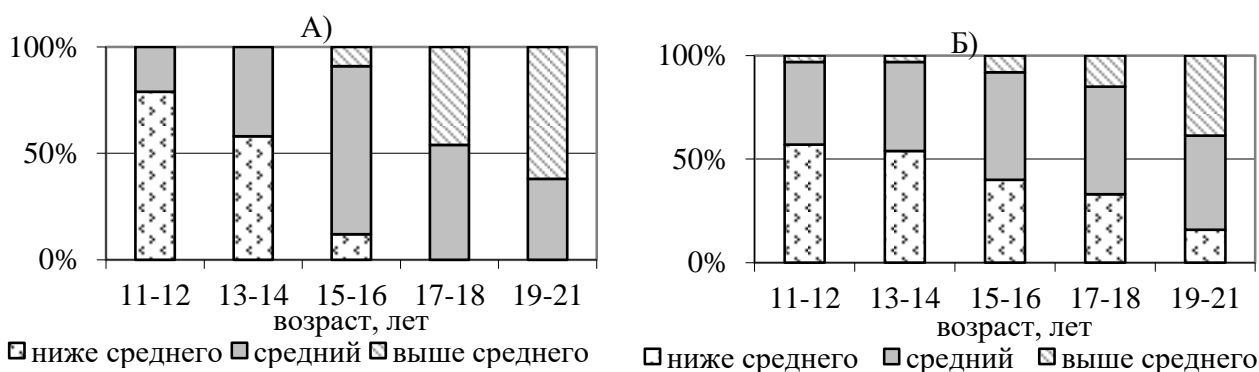


Рисунок 4 – Частота встречаемости характеристик весо-ростового индекса Кетле у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года, %

В последующих возрастных периодах (15-16 и 17-18 лет, этап ССМ) преобладают хоккеисты со средним весо-ростовым соотношением. К 19-21 году (этап ВСМ) увеличивается количество спортсменов с высоким уровнем МТ (кг), при этом темпы прироста ДТ (см) не имеют значимых величин, что свидетельствует о моменте «окончания» роста тела в длину и начале процессов гармонизации организма с увеличением мышечной доли в компонентном составе тела.

Сравнительный анализ весо-ростового индекса хоккеистов и лиц КГ, позволил выявить среди хоккеистов 11-12 и 13-14 лет, относящихся к КГ, индивидов с высоким уровнем МТ (кг). В возрастных группах 15-16 и 17-18 лет так же, как у хоккеистов, преобладает средний уровень весо-ростового соотношения, в то же время количество человек с низким индексом Кетле достаточно велико (40% и 33% соответственно). К этапу ВСМ (19-21 год) у хоккеистов чаще выявляется весо-ростовое соотношение, оцениваемое как «выше среднего», в то время как у исследуемых КГ этого возраста, преобладает «среднее» значение (Рисунок 4Б).

Узкая грудная клетка (по индексу Эрисмана) у хоккеистов часто встречается на этапе спортивной специализации (11-12 и 13-14 лет). Схожая тенденция в развитии грудной клетки отмечается у исследуемых КГ в данных возрастных группах, что может свидетельствовать о происходящих в этом возрастном периоде «скачках» роста продольных размеров тела при замедленном увеличении обхватных (Рисунок 5). В возрастной группе 15-16 лет (этап ССМ) наблюдается стабилизация продольных ростовых процессов с одновременным увеличением его поперечных размеров: 42% хоккеистов, имеют грудную клетку нормальных размеров, по 29% хоккеистов – узкую и широкую грудную клетку ( $p < 0,05$ ). У исследуемых КГ в 15-16 лет все еще преобладает узкая грудная клетка (45%) и в 15% случаев - широкая грудная клетка. У юношей 17-18 лет и 19-21 года не занимающихся спортом преобладает нормальная грудная клетка (60% и 57% соответственно) ( $p < 0,05$ ).

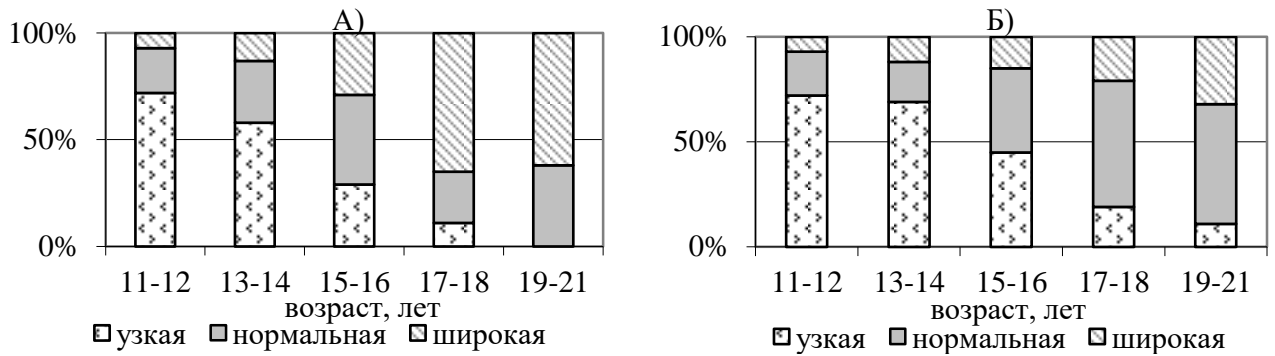


Рисунок 5 – Оценка развития грудной клетки по индексу Эрисмана хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года, %

Среди хоккеистов 17-18 лет и 19-21 года чаще встречаются спортсмены с широкой грудной клеткой (65% и 62% соответственно,  $p < 0,05$ ) [91, 95]. Полученные данные позволяют предположить, что в вышеуказанные возрастные периоды у хоккеистов увеличение обхватных размеров тела преобладает над продольным, что может быть связано также и с направленностью тренировочного процесса, характеризующегося в этом возрасте возрастанием количества силовых тренировок.

Для выявления направленности ростовых процессов нами был использован индекс стени, который не имеет прямой зависимости от возраста [46]. Установлено, что с возрастом и повышением уровня тренированности у хоккеистов снижается темп продольных ростовых процессов, о чем свидетельствует достоверное уменьшение индекса стени ( $p < 0,05$ ): в 11-12 и 13-14 лет (этап СС) преобладают хоккеисты с мезоморфным типом развития (Рисунок 6А). В эти возрастные периоды у большинства хоккеистов происходит увеличение как продольных, так и поперечных размеров тела, что согласуется с данными возрастной физиологии.

Увеличение количества хоккеистов с умеренной брахиморфией отмечается уже в возрасте 13-14 лет (этап СС, ПУС). В 15-16-летнем возрасте (этап ССМ) чаще встречаются хоккеисты с мезоморфным типом развития (21%), умеренной брахиморфией (53%) и брахиморфией (26%). Учитывая полученные данные, можно заключить, что у большинства спортсменов данной группы происходит

увеличение поперечных размеров тела, обусловленное в том числе и возрастающими тренировочными нагрузками.

Среди хоккеистов 17-18 лет (этап ССМ) и 19-21 года (этап ВСМ) чаще преобладают спортсмены с брахиморфией. По всей видимости, в этих возрастных периодах продольные размеры тела практически достигают своего максимума, и происходит увеличение мышечной массы спортсменов, чем и обусловлено отсутствие в указанных возрастных группах мезоморфного типа развития. Следует отметить, что во всех группах хоккеистов отсутствовали лица с долихоморфным типом развития [91, 95].

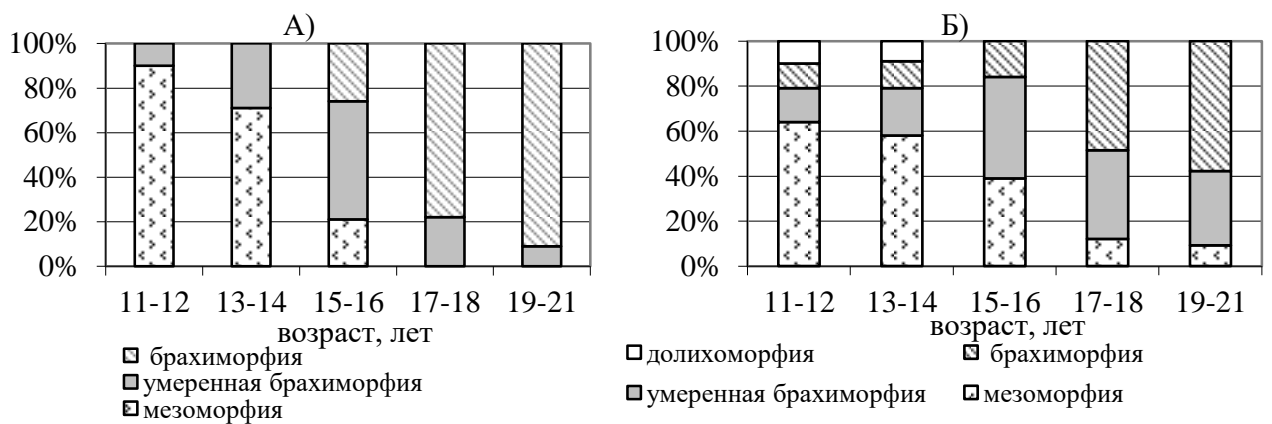


Рисунок 6 – Оценка направленности ростовых процессов по индексу стении у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года, %

У лиц КГ была выявлена несколько иная направленность ростовых процессов. Так, в группах 11-12 и 13-14 лет встречались лица, как с долихоморфным типом развития, так и с брахиморфией (11% и 10% соответственно). В возрасте 17-18 лет и 19-21 год в группах контроля в единичных случаях выявлена мезоморфия, а также чаще, чем у хоккеистов данного возраста, обнаруживается умеренная брахиморфия (Рисунок 6Б).

Выявлена положительная возрастная динамика с тенденцией к увеличению основных силовых показателей мышц рук и спины в обеих группах (Таблица 3): абсолютные значения мышечной силы рук у хоккеистов значимо выше ( $p < 0,05$ ), чем у их сверстников КГ. Между тем, у лиц, не занимающихся спортом относительные показатели силы правой руки, оказались достоверно более высокими, по сравнению с хоккеистами в 11-12 и 13-14 лет, показатели силы

левой руки – в возрастной группе 11-12 лет ( $p < 0,05$ ). Вероятно, данный факт связан с тем, что при небольшой разнице абсолютных значений динамометрии у хоккеистов в данные возрастные периоды МТ выше, чем в КГ.

Наибольший прирост абсолютных силовых показателей кистевой динамометрии левой и правой рук наблюдается с 13-14 до 15-16 лет независимо от уровня двигательной активности. Так, у хоккеистов прирост данного показателя для правой и левой руки составляет 54% и 51% соответственно, тогда как у подростков КГ – 46% и 32% ( $p < 0,05$ ).

Выявлено, что во всех возрастных группах у хоккеистов показатели силы мышц спины более высоки, чем в КГ ( $p < 0,05$ ). При этом абсолютные и относительные силовые показатели мышц спины значительно увеличиваются в возрасте от 11-12 до 13-14 лет и от 13-14 до 15-16 лет, как у хоккеистов, так и в КГ, что обусловлено, по всей видимости, усиленным выделением андрогенов, которые влияют на рост мышечной массы. Прирост относительных значений силовых показателей мышц спины в последующих возрастных периодах (17-18 лет и 19-21 год) менее выражен, хотя и имеются значимые различия по абсолютным показателям между группами ( $p < 0,05$ ).

Полученные в исследовании данные совпадают со сведениями возрастной физиологии о том, что наиболее интенсивно мышечная система развивается в возрасте 12-15 лет. Мышцы подростков к 14-15 годам по своим свойствам мало отличаются от мышц взрослых людей. Сила мышц увеличивается параллельно с увеличением массы тела, особенно сильно это проявляется в возрасте 13-14 лет и зависит, в том числе, от степени полового созревания [251, 11, 147, 266 и др.]. При изучении показателей физического развития хоккеистов в разные периоды постнатального онтогенеза с учетом этапов многолетней подготовки обнаружено, что у исследуемого контингента изменения происходят согласно законам системогенеза и учения о гетерохронности.

Таблица 3 – Силовые показатели (M±m) хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели					
			Динамометрия правой руки, кг	Отн-я динамометрия правой руки, %	Динамометрия левой руки, кг	Относительная динамометрия левой руки, %	Становая динамометрия, кг	Относительная становая динамометрия, %
11-12	1	36	22,2 ± 0,6	51,8 ± 1,3	19,7 ± 0,8	45,8 ± 1,7	61,2 ± 2,1	142,7 ± 3,6
	2	45	21,2 ± 0,3	55,7 ± 0,9	17,5 ± 0,3	46,9 ± 1,3	42,7 ± 1,5*	113,4 ± 1,3*
13-14	1	34	24,0 ± 1,3	44,7 ± 1,9^	23,1 ± 1,4	42,5 ± 2,0	89,6 ± 3,8^	168,0 ± 3,4^
	2	42	22,7 ± 0,6	46,1 ± 1,2^	18,1 ± 0,5	37,3 ± 1,4	68,3 ± 2,1*^	140,8 ± 1,6*^
15-16	1	34	41,7 ± 1,5^	62,3 ± 1,8^	38,8 ± 1,4^	58,1 ± 1,7^	124,0 ± 3,1^	187,3 ± 5,1^
	2	42	36,3 ± 1,0^	59,2 ± 1,2^	25,8 ± 0,9*^	42,0 ± 1,3*	96,1 ± 2,3*^	156,6 ± 1,9*^
17-18	1	37	52,2 ± 1,4^	63,0 ± 2,3	50,9 ± 1,5^	63,4 ± 1,8^	144,0 ± 4,1^	179,1 ± 4,7
	2	41	43,7 ± 1,1*^	63,3 ± 1,4	32,6 ± 1,3*^	48,1 ± 1,4*	111,6 ± 2,9*	164,3 ± 2,1
19-21	1	31	58,8 ± 1,7^	70,2 ± 2,4^	57,5 ± 1,5^	68,6 ± 2,2	161,2 ± 3,9^	193,0 ± 5,6
	2	39	45,1 ± 1,2*	62,4 ± 1,5	37,3 ± 1,3*	51,6 ± 1,5*	124,1 ± 3,1*	171,7 ± 2,6

Примечания: 1- хоккеисты, 2- лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \*-достоверность различий между 1 и 2 группой; ^ – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Таблица 4 – Показатели (M±m) системы дыхания хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели			
			ЖЕЛ, л	ЖИ, мл/кг	Резервный объем вдоха, л	Резервный объем выдоха, л
11-12	1	36	2,7±0,07	62,7±1,41	1,6±0,04	0,7±0,05
	2	45	2,2±0,05*	59,1±1,25	1,3±0,06	0,5±0,03
13-14	1	34	3,5±0,12^	64,5±1,12	2,0±0,09^	0,9±0,05^
	2	42	2,7±0,08*^	58,0±1,02	1,6±0,08	0,7±0,05^
15-16	1	34	4,3±0,11^	64,0±1,30	2,7±0,08^	1,0±0,06
	2	42	3,3±0,11*	57,6±0,87	2,0±0,09*	0,9±0,05^
17-18	1	37	4,9±0,12^	60,7±1,44	2,7±0,09	1,6±0,05^
	2	41	3,8±0,09*^	56,9±1,12	2,1±0,08*	1,2±0,06*^
19-21	1	31	5,0±0,14	58,8±1,61	2,8±0,10	1,7±0,05
	2	39	4,1±0,11*	56,4±1,02	2,1±0,08*	1,4±0,03*

Примечания: 1- хоккеисты, 2- лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \*-достоверность различий между 1 и 2 группой; ^ – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

При этом под влиянием интенсивных мышечных нагрузок в хоккее возникают отличительные особенности физического развития, которые проявляются в увеличении продольных размеров тела до периода полового созревания, обхватных размеров тела, силовых возможностей мышц рук и спины в период пубертата, что является, на наш взгляд, специфичным для исследуемой группы спортсменов.

### **3.1.2 Особенности развития дыхательной системы хоккеистов на этапах многолетней подготовки**

Система внешнего дыхания, входящая в состав кислородтранспортной системы и способствующая поддержанию в артериальной крови достаточного уровня кислорода, является одной из важнейших физиологических систем организма [249, 230, 19, 174 и др.]. Повышенная двигательная активность сопровождается увеличением уровня метаболизма и активацией систем, участвующих в обеспечении организма кислородом. В связи с этим в условиях тренировочной и спортивной деятельности к системе дыхания предъявляются высокие требования.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – важнейший динамический показатель процесса внешнего дыхания, величина которого косвенно отражает возможность емкости легких и, соответственно, скорости насыщения кислородом органов и тканей организма, что немаловажно для человека в условиях напряженной мышечной деятельности. В исследованиях Н.Д. Граевской с соавт. [36] показано, что возрастные особенности ЖЕЛ тесно связаны с изменениями антропометрических показателей, особенно с длиной тела.

В процессе исследования установлено, что у всех испытуемых с возрастом величина ЖЕЛ физиологически закономерно увеличивается (Таблица 4). При этом долговременная адаптация дыхательной системы к условиям интенсивной мышечной деятельности характеризуется определенными приспособительными чертами: ЖЕЛ хоккеистов достоверно выше, чем у лиц КГ, во всех возрастных

группах ( $p < 0,05$ ) [72]. Максимальные темпы прироста ЖЕЛ у хоккеистов наблюдаются уже с этапа спортивной специализации: с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет (25% и 21% соответственно) ( $p < 0,05$ ) [89, 72], тогда как у подростков КГ, в идентичных возрастных группах увеличение составляет 20% и 17% соответственно.

Жизненный индекс (ЖИ), отражающий степень соответствия кислородного запаса обеспечения мышц и объемных показателей системы внешнего дыхания [160, 6] у хоккеистов значимо увеличивается ( $p < 0,05$ ) до 13-14 лет и сохраняется на высоком уровне до 15-16 лет (Таблица 4). В дальнейшем, а именно с 17-18-летнего возраста, у хоккеистов ЖИ (мл/кг) начинает снижаться, что, вероятно, связано со значительным увеличением МТ (кг) и незначительным увеличением ЖЕЛ [89, 72]. У лиц КГ максимальные значения ЖИ (мл/кг) приходится на возрастной период 11-12 лет ( $p < 0,05$ ), а затем имеется тенденция к его снижению.

Изучение темпов прироста ЖИ (мл/кг) у хоккеистов показало, что положительная динамика наблюдается с 11-12 до 13-14 лет (этап СС) с пиком в возрастном диапазоне от 15-16 до 17-18 лет ( $p < 0,05$ ). В последующих возрастных группах тенденция меняется на отрицательную, что вероятно, связано с тем, что с 15-16-летнего возраста у хоккеистов увеличение ЖЕЛ (л) происходит более медленно по сравнению с приростом МТ (кг). У лиц КГ отрицательная динамика прироста данного показателя наблюдается уже с возраста 11-12 лет.

Выявлено, что значения резервного объема вдоха у хоккеистов значительно превышают таковые показатели лиц, не занимающихся спортом, при этом достоверные различия наблюдаются с возраста 15-16 лет (Таблица 4). Максимальные темпы прироста РОвд у хоккеистов наблюдаются в возрастные периоды с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет (28% и 30% соответственно) [89, 92, 72], тогда как у подростков КГ – 21% и 22% соответственно, меняясь незначительно в последующем.

Изменения значений резервного объема выдоха имеют другую динамику. У хоккеистов максимальное увеличение РОвыд отмечено в возрастном диапазоне с

15-16 до 17-18 лет (на 46%) (этап ССМ). В КГ отмечено три возрастных периода активного увеличения данного показателя: с 11-12 до 13-14 лет на 33%, в возрастном периоде от 13-14 до 15-16 лет происходит увеличение на 25% и от 15-16 лет до 17-18 лет – на 28%. В возрастных группах 17-18 лет и 19-21 год различия по данному показателю становятся достоверными между хоккеистами и данными КГ ( $p < 0,05$ ) (Таблица 4). Схожую тенденцию имеют значения ДО.

К критериям экономизации функции системы дыхания в процессе долговременной адаптации к тренировочным воздействиям можно отнести уменьшение частоты дыхания (ЧД) (Таблица 5), что нами и отмечено в различных возрастных группах. Обнаружено, что средние значения ЧД у хоккеистов во всех возрастных группах были незначительно ниже по сравнению с данными КГ ( $p < 0,05$ ), при этом показатели количества дыхательных актов в минуту у испытуемых всех групп укладывались в возрастные нормативы.

Таблица 5 – Вентиляционные показатели ( $M \pm m$ ) системы дыхания хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели				
			Частота дыхания, кол-во раз	Дыхательный объем, л	МОД, л/мин	МВЛ, л/мин	Коэффициент резерва дыхания, %
11-12	1	36	23,4±0,60	0,40±0,01	9,4±0,48	62,0±3,17	83,0±1,05
	2	45	24,1±0,51	0,29±0,02	6,9±0,27*	45,8±1,85	84,1±0,68
13-14	1	34	20,4±0,86^	0,56±0,05^	10,8±0,70	81,4±3,73^	86,3±0,94^
	2	42	21,9±0,64	0,37±0,03	7,7±0,41	55,1±2,26*	85,9±0,64
15-16	1	34	19,4±0,68	0,58±0,04	10,9±0,72	101,3±3,81^	88,8±0,87
	2	42	20,2±0,61	0,40±0,05	8,1±0,42	61,2±2,53*	86,7±0,72
17-18	1	37	15,7±0,66^	0,79±0,05^	12,3±0,80	122,9±3,37^	90,2±0,67
	2	41	17,9±0,51	0,48±0,03*	8,5±0,46	75,9±2,81*	88,3±0,70
19-21	1	31	15,1±0,50	0,85±0,05	12,7±0,79	123,3±3,59	89,2±0,66
	2	39	17,1±0,41	0,56±0,03*	9,8±0,45	84,6±2,97*	88,4±0,68

Примечания: 1- хоккеисты, 2- лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \* - достоверность различий между 1 и 2 группой; ^ – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

При анализе типов дыхания выявлено, что на этапе спортивной специализации у хоккеистов 11-12 лет формируется тахипноитический тип дыхания, что соответствует физиологическим нормам [89, 72]. В дальнейшем, в

13-14 лет и 15-16 лет у хоккеистов и КГ нормопноитический и тахипноитический типы дыхания встречаются практически в равных соотношениях с незначительным преобладанием первого типа. Начиная с возраста 17-18 лет, наблюдается нормопноитический тип дыхания, независимо от занятий спортом.

Минутный объем дыхания (МОД, л/мин), характеризующий работу системы внешнего дыхания, служит количественной оценкой легочной вентиляции – это объем воздуха, который проходит через легкие за 1 минуту. Только при наличии соответствующего функционального резерва и зрелости механизмов регуляции могут наблюдаться необходимые уровни МОД (л/мин) [156, 273]. При сравнительном анализе показателей МОД (л/мин) хоккеистов и исследуемых КГ выявлено, что данный показатель выше у спортсменов во всех возрастных группах, однако достоверные различия наблюдаются только в возрасте 11-12 лет ( $p < 0,05$ ). Критерием долговременной адаптации к интенсивной мышечной деятельности является увеличение МОД (л/мин) на фоне снижения ЧД за счет увеличения дыхательного объема, что и наблюдается в нашем исследовании.

Сравнительный анализ показал, что у хоккеистов всех возрастных групп отмечаются более высокие значения показателя дыхательного объема относительно возрастных нормативных значений (Таблица 5), что закономерно сказывается и на величине МОД (л/мин). Выявлено, что у хоккеистов находящихся на этапах ССМ и ВСМ (17-18 лет и 19-21 год) показатели ДО (л) значительно выше, чем у их сверстников КГ ( $p < 0,05$ ), в младших возрастных группах хоккеистов этот показатель также имеет более высокие значения (различия не достоверны) [89, 72].

Максимальная вентиляция легких – показатель объема воздуха, проходящего через легкие за 1 минуту во время максимальных по частоте и глубине дыхательных движений. МВЛ может достигать 70-90 л/мин у молодых людей КГ, у спортсменов – до 180 л/мин и выше. Показатель характеризует проходимость дыхательных путей, а также упругость грудной клетки и растяжимость легких, отражает потенциальные возможности дыхательной системы. Это так называемый «предел дыхания», который может быть получен

при максимальной волевой мобилизации испытуемого, в значительной степени зависит от спортивной специализации и квалификации.

Сравнительный анализ МВЛ (л/мин) испытуемых позволил выявить, что данный показатель во всех возрастных группах находился в пределах возрастных норм для не занимающихся спортом людей и только у хоккеистов 17-18 лет и 19-21 года незначительно превышает нормативные данные (Таблица 5). Обнаружено, что МВЛ (л/мин) у хоккеистов во всех возрастных группах, кроме 11-12 лет, достоверно выше, чем у подростков КГ, при этом увеличение значений МВЛ (л/мин) происходит параллельно с возрастом, и к 19-21 году они увеличиваются в среднем в два раза по сравнению с показателями 11-12 летних подростков, независимо от занятий спортом [89, 72].

Выявлено, что значения коэффициента резерва дыхания во всех исследуемых возрастных группах не достигают нормативных физиологических значений (91-92% от МВЛ). У хоккеистов данный показатель незначительно выше, чем в тех же возрастных диапазонах КГ.

С помощью пневмотахометрии оценивается максимальная объемная скорость воздушного потока при вдохе и выдохе, что косвенно характеризует мощность вдоха и выдоха (способность дыхательных мышц) и бронхиальную проходимость.

В процессе исследования выявлено, что испытуемые имеют нормальную бронхиальную проходимость и обладают достаточно мощной дыхательной мускулатурой (Таблица 6) [70]. Следует отметить, что значения ПТМ вдоха (л/с) и ПТМ выдоха (л/с) имели тенденцию с возрастом увеличиваться, достигая максимальных значений к 21 году, независимо от занятий спортом. Наибольший прирост ПТМ выдоха (л/с) у хоккеистов наблюдался в возрастные периоды от 11-12 до 13-14 лет (31%) (этап СС) и с 13-14 до 15-16 лет (22%), тогда как у сверстников КГ, – на 23% и 30% соответственно ( $p < 0,05$ ). В более поздние возрастные периоды увеличение изучаемого показателя было менее значительным.

На этапе спортивной специализации в период с 11-12 до 13-14 лет у хоккеистов наблюдаются наиболее высокие приросты ПТМ вдоха (л/с) - 27% ( $p < 0,05$ ), тогда как максимальное увеличение данного показателя у лиц КГ, отмечалось с 13-14 до 15-16 лет и составило только 22%. В последующих возрастных периодах также наблюдалось незначительное увеличение исследуемого показателя, которое стабилизировалось к возрасту 19-21 год [89, 72].

Таблица 6 – Показатели ( $M \pm m$ ) мощности дыхательной мускулатуры и бронхиальной проходимости хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели		
			ФЖЕЛ, л	ПТМ выдоха, л/с	ПТМ вдоха, л/с
11-12	1	36	2,2±0,05	3,3±0,11	3,2±0,08
	2	45	1,9±0,0,05	3,1±0,08	3,1±0,06
13-14	1	34	2,9±0,10 <sup>^</sup>	4,5±0,12 <sup>^</sup>	4,2±0,10 <sup>^</sup>
	2	42	2,4±0,0,06 <sup>^</sup>	3,9±0,09 <sup>^</sup>	3,7±0,08* <sup>^</sup>
15-16	1	34	3,6±0,09 <sup>^</sup>	5,6±0,14 <sup>^</sup>	5,1±0,11 <sup>^</sup>
	2	42	3,0±0,05* <sup>^</sup>	5,3±0,09 <sup>^</sup>	4,6±0,08* <sup>^</sup>
17-18	1	37	4,1±0,07 <sup>^</sup>	6,5±0,14 <sup>^</sup>	5,8±0,11 <sup>^</sup>
	2	41	3,4±0,06* <sup>^</sup>	5,9±0,11	5,2±0,09*
19-21	1	31	4,3±0,10	6,9±0,12	6,1±0,11
	2	39	3,5±0,06*	6,1±0,10	5,4±0,10*

Примечания: 1- хоккеисты, 2- лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \* - достоверность различий между 1 и 2 группой; <sup>^</sup> – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Значения форсированной ЖЕЛ (л) у хоккеистов возрастных групп 11-12 и 13-14 лет незначительно выше, чем у лиц КГ (Таблица 6). Далее, на этапах ССМ и ВСМ (15-16, 17-18 лет и 19-21 год) значения форсированной ЖЕЛ приобретают достоверно более высокие значения, по сравнению с лицами КГ того же возраста ( $p < 0,05$ ) [89]. Максимальный прирост форсированной жизненной емкости легких наблюдался в возрастных группах от 11-12 до 13-14 лет и от 13-14 до 15-16 лет, при этом у хоккеистов прирост составил 26% и 23% соответственно ( $p < 0,05$ ), а в КГ – 23% и 22% соответственно ( $p < 0,05$ ).

Оценить адаптацию человека к гипоксии и гиперкапнии (накоплению углекислого газа), в том числе устойчивость дыхательного центра к недостатку

кислорода, скорость протекания обменных процессов и выносливость сердца, позволяют гипоксические пробы [35]. Результаты проведенных нами исследований показали, что среднегрупповые значения в пробах Штанге и Генчи у испытуемых 11-12 лет соответствуют физиологическим нормам данного возрастного диапазона (Таблица 7). У хоккеистов старших возрастных групп (начиная с 13-14 лет, этап СС, ПУС) исследования выявили более высокие показатели гипоксических проб по сравнению с лицами, не занимающимися спортом. Достоверных различий при задержке дыхания на выдохе между хоккеистами и КГ не выявлено, а при задержке дыхания на вдохе различия между показателями достоверны в группах 17-18 лет и 19-21 год, что указывает на большую долю анаэробной работы в тренировочной и соревновательной деятельности хоккеистов. Несмотря на вышесказанное, обнаружена неоднородность в исследуемой выборке индивидуальных результатов гипоксических проб. Так, во всех возрастных группах встречаются хоккеисты и с высокими, и с низкими значениями изучаемых показателей (Таблица 7) [68, 72].

Таблица 7 – Показатели ( $M \pm m$ ) адаптации к гипоксии хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели	
			Проба Генчи, с	Проба Штанге, с
11-12	1	36	22,8±1,4	51,8±2,5
	2	45	19,3±1,1	48,6±1,1
13-14	1	34	27,5±1,1 <sup>^</sup>	66,2±3,2 <sup>^</sup>
	2	42	24,5±0,9 <sup>^</sup>	57,7±1,8 <sup>^</sup>
15-16	1	34	32,8±1,8 <sup>^</sup>	74,3±2,8
	2	42	28,3±1,2 <sup>^</sup>	65,3±1,9
17-18	1	37	34,0±1,7	85,2±2,8 <sup>^</sup>
	2	41	29,1±1,2	69,7±1,5*
19-21	1	31	37,9±1,9	95,6±3,1
	2	39	31,2±1,5	76,1±1,9*

Примечания: 1- хоккеисты, 2- лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \*- достоверность различий между 1 и 2 группой; <sup>^</sup> – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Сравнительный анализ результатов исследования показал, что у хоккеистов в процессе долговременной адаптации к мышечным нагрузкам на более ранних сроках формируются механизмы, обеспечивающие приспособление к гипоксии.

Так, уже на этапе спортивной специализации – с 11-12 до 13-14 и с 13-14 до 15-16 лет – наблюдаются максимальные увеличения значений задержки дыхания на выдохе, которые составляют 19% и 18% соответственно. В более старших возрастных группах, происходит некоторая стабилизация и прирост не столь очевиден – от 4% до 11%. Максимальное увеличение времени задержки дыхания на выдохе у лиц, не занимающихся спортом, наблюдается в возрасте от 11-12 до 13-14 лет и составляет 24%, в последующие возрастные промежутки способность к задержке дыхания на выдохе возрастает менее выражено (с 14 до 16 лет на 14%, с 16 до 18 лет на 3%, с 18-21 года на 7%).

Анализ темпов прироста показателей задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) показал, что максимальное увеличение данных показателей (до 24%) у хоккеистов происходит на этапе СС от 11-12 до 13-14 лет ( $p < 0,05$ ), и 17% – у лиц КГ ( $p < 0,05$ ). С возрастом наблюдается равномерное увеличение изучаемого показателя от этапа к этапу. У хоккеистов возрастание данного показателя более равномерно и продолжительно: от 13-14 до 15-16 лет прирост составляет 12%, от 15-16 до 17-18 лет – 14% и от 17-18 лет до 19-21 года – 12%, тогда как у подростков и юношей КГ – 14%, 7% и 9% соответственно.

Таким образом, исследование показателей функции внешнего дыхания и гипоксических проб у хоккеистов позволило выявить динамику значений изучаемых показателей в возрастном аспекте и в процессе долговременной адаптации к мышечной деятельности. Можно предположить, что адаптация к условиям гипоксии у хоккеистов происходит с возрастом и обусловлена приспособлением к анаэробным условиям, возникающим во время игры, и увеличением доли анаэробных (скоростно-силовых) нагрузок в тренировочном процессе [68, 72]. Формируются характерные для долговременной адаптации межсистемные функциональные взаимосвязи.

### **3.1.3 Возрастные особенности функционирования сердечно-сосудистой системы и ее вегетативной регуляции у хоккеистов на этапах многолетней подготовки**

Сердечно-сосудистая система является функциональной системой, конечный результат деятельности которой обеспечивает заданный уровень функционирования целостного организма и должен соответствовать эквивалентному уровню функционирования аппарата кровообращения [164, 187]. Функциональное состояние ССС обеспечивает определенный уровень работоспособности и адекватную адаптацию организма спортсмена к физическим нагрузкам [115, 14, 108] и одной из первых реагирует на изменения, происходящие в организме, в том числе и на выполнение физических упражнений.

Анализ результатов исследования ССС показал, что у хоккеистов с 11-12 лет до 19-21 года ЧСС достоверно снижается на 15%, в среднем с 80 до 66 уд/мин ( $p < 0,05$ ) (Таблица 8), причем к 17-18-летнему возрасту (этап ССМ, свыше 2-х лет) этот показатель достигает значений взрослых людей. Схожая динамика снижения ЧСС выявлена у лиц, не занимающихся спортом.

Известно, что необходимый уровень кровоснабжения различных органов и систем обеспечивает артериальное давление, которое зависит от большого числа факторов: количества циркулирующей крови, интенсивности её тока на периферию, скорости выброса крови из желудочков и емкости сосудистого русла, упругого сопротивления сосудистых стенок и др. Уровень давления в артериях непостоянен в связи с тем, что все эти величины являются переменными [41, 64, 133 и др.].

Анализ результатов исследования позволил выявить увеличение с возрастом всех видов артериального давления (Таблица 8). Систолическое артериальное давление достоверно различается ( $p < 0,05$ ) во всех возрастных группах хоккеистов, кроме старших (17-18 и 19-21 года), тогда как у лиц КГ достоверные различия обнаружены только в возрасте 13-14 и 15-16 лет ( $p < 0,05$ ).

Таблица 8 – Показатели ( $M \pm m$ ) центральной гемодинамики хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года в условиях относительного покоя

Возраст, лет	Группа	n=	Показатели								
			ЧСС, уд/мин	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ПД, мм рт. ст.	УО, мл	МОК, л	ДП, усл. ед.	ОПСС, дин/с /см <sup>-5</sup>	УПСС, усл. ед.
11-12	1	36	77,7 ± 1,3	98,5 ± 1,5	61,0 ± 0,6	37,4 ± 1,3	59,9 ± 0,7	4,6 ± 0,1	75,6 ± 1,5	1291,7±28,2	22,0 ± 0,7
	2	45	81,7 ± 0,7	104,6 ± 0,9	60,3 ± 0,6	45,1 ± 1,4	62,7 ± 0,7	4,9 ± 0,1	84,9 ± 0,9*	1403,2±41,9	25,6 ± 0,6
13-14	1	34	74,8 ± 1,5	109,2 ± 1,3 <sup>^</sup>	67,3 ± 1,3 <sup>^</sup>	41,9 ± 0,8 <sup>^</sup>	64,9 ± 1,0 <sup>^</sup>	4,9 ± 0,1	81,4 ± 1,5 <sup>^</sup>	1375,5±50,3	27,4 ± 1,5 <sup>^</sup>
	2	42	76,6 ± 0,8	109,5 ± 0,9	61,8 ± 0,9	47,7 ± 1,1	69,0 ± 0,9 <sup>^</sup>	5,3 ± 0,1	85,6 ± 1,0	1467,8±44,6	27,8 ± 1,0
15-16	1	34	72,4 ± 1,4	116,3 ± 1,2 <sup>^</sup>	75,3 ± 1,0 <sup>^</sup>	41,0 ± 0,8	67,0 ± 0,8	4,8 ± 0,1	84,3 ± 2,0	1491,1±38,5	33,9 ± 1,1 <sup>^</sup>
	2	42	72,6 ± 1,0	116,1 ± 1,0 <sup>^</sup>	67,7 ± 1,0 <sup>^</sup>	48,5 ± 1,2	74,6 ± 0,8 <sup>^</sup>	5,4 ± 0,1*	86,1 ± 1,1	1522,5±48,3	36,3 ± 0,8 <sup>^</sup>
17-18	1	37	64,3 ± 1,3 <sup>^</sup>	120,8 ± 1,3 <sup>^</sup>	74,1 ± 1,3	46,8 ± 1,2 <sup>^</sup>	69,4 ± 1,2	5,5 ± 0,1 <sup>^</sup>	77,7 ± 1,8 <sup>^</sup>	1659,2±59,3 <sup>^</sup>	40,5 ± 1,7 <sup>^</sup>
	2	41	69,5 ± 0,9	118,2 ± 1,1	72,1 ± 1,1	48,9 ± 0,8	73,4 ± 0,7	4,4 ± 0,1 <sup>^</sup>	80,6 ± 1,3	1768,6±54,2	43,5 ± 1,1 <sup>^</sup>
19-21	1	31	66,0 ± 1,4	120,4 ± 1,5	76,0 ± 1,3	44,4 ± 1,0	75,8 ± 1,0 <sup>^</sup>	5,3 ± 0,1	79,6 ± 2,0	1710,5±56,5	44,1 ± 1,5
	2	39	67,3 ± 1,0	121,1 ± 1,0	74,3 ± 0,9	49,5 ± 0,5	72,3 ± 0,9 <sup>^</sup>	4,0 ± 0,1	89,0 ± 0,9	1829,1±52,8	45,1 ± 1,0

Примечания: 1 – хоккеисты, 2 – лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \* – достоверность различий между 1 и 2 группой; <sup>^</sup> – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Наибольшие значения САД наблюдаются у исследуемых 17-18 лет и 19-21 год, независимо от занятий спортом ( $p < 0,05$ ). Максимальные темпы прироста этого показателя отмечены в возрастных периодах с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет, при этом у хоккеистов составляют 10% и 6% соответственно, тогда как у лиц, не занимающихся спортом, – только 5% и 6% соответственно.

В процессе изучения фоновых показателей диастолического артериального давления (ДАД, мм рт.ст.) обнаружено, что у хоккеистов в возрастных группах 11-12 и 13-14 лет (этап СС) значения ДАД (мм рт.ст.) достоверно отличаются от таковых показателей в старших возрастных группах и между собой ( $p < 0,05$ ). Диастолическое артериальное давление у хоккеистов стабилизируется к 15-16 годам (этап ССМ, до 2-х лет) и достигает уровня, характерного для взрослых спортсменов, составляя в среднем 75 уд/мин. В КГ стабилизация ДАД (мм рт.ст.) происходит к возрасту 17-18 лет. Максимальные темпы прироста ДАД (мм рт.ст.) у хоккеистов и подростков КГ отмечены нами в возрастном периоде с 13-14 до 15-16 лет и составляют 11% и 9% соответственно. Более высокие значения артериального давления в старших возрастных группах, на наш взгляд, могут быть связаны с увеличением ударного объема крови.

Наиболее значимым показателем состояния системы кровообращения является среднее артериальное давление (АДср), которое отражает энергию непрерывного движения крови и является величиной довольно постоянной [43, 6 и др.]. Величина данного показателя зависит от длительности сердечного цикла, сердечного выброса и сопротивления артериол, что позволяет использовать данный показатель при расчетах величин эластического и периферического сопротивления сосудов [14].

Анализ результатов исследования значений АДср (мм рт.ст.) позволил выявить, что, так же, как и в случае с ДАД, с возрастом происходит их достоверное увеличение до 15-16 лет (этап ССМ, до 2-х лет) и далее практически не изменяется (Рисунок 7) ( $p < 0,05$ ). У подростков, не занимающихся спортом, значимые различия по данному показателю выявлены только в 13-14 и 15-16 лет ( $p < 0,05$ ).

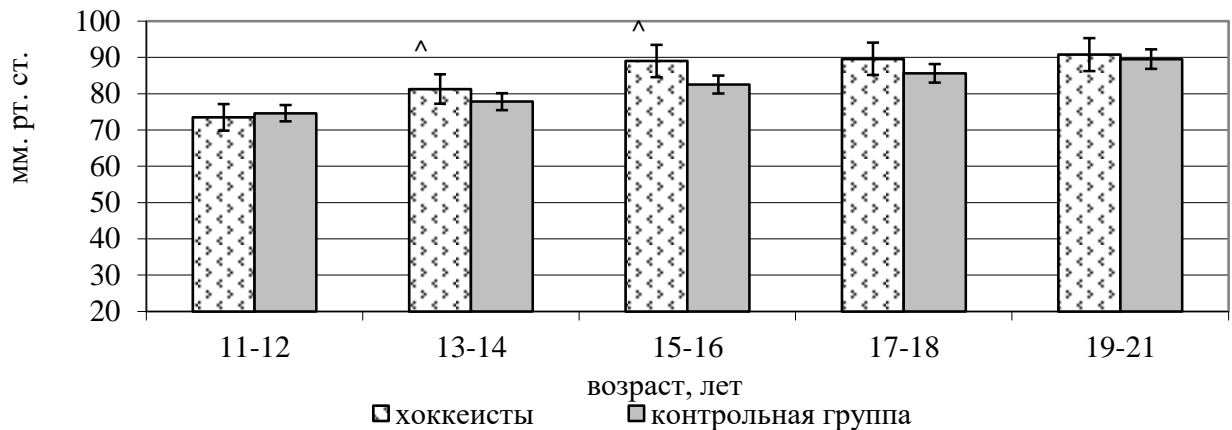


Рисунок 7 – Показатели среднего артериального давления (АДср, мм рт.ст.) хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Выявлено показал, что увеличение ПД (мм рт. ст.) у хоккеистов происходит неравномерно и носит волнообразный характер. Максимальные темпы прироста ПД (мм рт. ст.) отмечены в возрастные периоды с 11-12 до 13-14 лет (этап СС) и с 15-16 до 17-18 лет (этап ССМ), при этом увеличение составляет 11% и 13% соответственно. ПД (мм рт. ст.) у лиц, не занимающихся спортом, с возрастом равномерно увеличивается и не имеет достоверных различий между смежными возрастными группами [90]. Максимальное увеличение данного показателя составляет 6% и приходится на возрастной период от 11-12 до 13-14 лет (Таблица 8).

В качестве критерия оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, косвенно отражающего потребление миокардом кислорода, а также механической работы сердца используется показатель двойного произведения (индекс Робинсона) [43, 106, 64, 14, 117]. Уровень соматического здоровья индивида выше в том случае, чем меньше двойное произведение в состоянии относительного покоя и, следовательно, выше максимальные аэробные способности организма [6].

В результате исследования установлено, что возрастные изменения двойного произведения у хоккеистов носят неравномерный характер. Выявлено, что значения ДП (усл.ед.) увеличиваются с 11-12 до 13-14 лет ( $p < 0,05$ ), сохраняя

среднегрупповой уровень до 15-16 лет (Таблица 8), что, вероятно, связано в данных возрастных группах с пубертатной перестройкой организма и снижением адаптационных возможностей в этот период. В дальнейшем, а именно к 17-18 годам (этап ССМ), происходит достоверное снижение ДП ( $p < 0,05$ ), что, свидетельствует об окончании пубертатного периода. При изучении темпов прироста ДП (усл. ед.) выявлено, что они максимальны в возрастном периоде с 11-12 до 13-14 лет (этап СС) и составляют 7%, тогда как с 15-16 до 17-18 лет (этап ССМ) происходит его снижение на 8%. Анализируя данный показатель у лиц КГ, мы выявили, что до возраста 17-18 лет его значения несколько выше (в возрасте 11-12 лет достоверно выше), чем у хоккеистов [90]. В возрастном отрезке 19-21 год значения данного показателя выравниваются, независимо от занятий спортом.

По минутному объему крови (МОК, л) судят о механической функции миокарда, которая отражает состояние системы кровообращения [43, 21, 14, 66 и др.]. Величина МОК (л) зависит от возраста, пола, массы тела, температуры окружающего воздуха, интенсивности физической нагрузки. В исследованиях ряда авторов показано, что у взрослых спортсменов средние значения МОК составляют от 4,0 до 5,0 л и зависят от возраста и специализации спортсмена [21, 14, 86 и др.].

При сравнительном анализе показателей МОК (л) у хоккеистов в изучаемых группах установлено, что его значения находились на верхней границе среднестатистических норм для лиц, не занимающихся спортом. Выявлено, что МОК (л) хоккеистов увеличивается до 13-14 лет ( $p < 0,05$ ), затем значения данного показателя стабилизируются, что соответствует физиологическим тенденциям развития организма. Такая же динамика отмечена и у лиц КГ. Максимальные темпы прироста МОК (л) отмечены нами у хоккеистов в возрасте от 11-12 до 13-14 лет (этап СС) и составили 6%, тогда как у подростков КГ отмечены два периода увеличения на 8%: от 11-12 до 13-14 лет и от 13-14 до 15-16 лет [90].

Известно, что главным образом МОК (л) зависит от двух переменных – УО (мл) и ЧСС (уд/мин). По данным З.Б. Белоцерковского с соавт. [14], ударный объем у спортсменов составляет в среднем 94 мл, у представителей игровых

видов спорта – от 92 до 110 мл. Таким образом, существенным показателем, характеризующим центральную гемодинамику, кроме МОК (л), является и ударный объем, отражающий силу и эффективность сердечных сокращений [14, 21, 43, 86 и др.]. Адаптационные возможности сердца к физическим нагрузкам с возрастом увеличиваются, чему способствуют возрастающие УО (мл) и МОК (л). В период полового созревания наблюдается наибольший прирост УО (мл) [160,185, и др.].

В процессе исследований установлено, что УО (мл) у хоккеистов с возрастом увеличивается и к 17-18 годам (этап ССМ, свыше 2-х лет) достигает максимальных значений, тогда как в КГ, стабилизация увеличения данного показателя наблюдается к 15-16 годам (Таблица 8).

Состояние периферического отдела кровообращения было оценено в настоящем исследовании по показателям общего (ОПСС) и удельного (УПСС) периферического сопротивления сосудов. Общее периферическое сопротивление рассматривают как суммарную величину сопротивления всех артериол и капилляров тела. Его увеличение или уменьшение отражает общий уровень кровоснабжения организма и указывает на соотношение сосудорасширяющих и сосудосуживающих реакций. Сравнительный анализ показал, что величины общего и удельного периферического сопротивления сосудов с возрастом закономерно увеличиваются (Таблица 8). Выявлено, что значения данных показателей несколько выше у лиц КГ, однако, эти различия не достоверны. Максимальные темпы прироста ОПСС отмечаются с 15-16 до 17-18 лет, тогда как УПСС значительно увеличивается с 11-12 до 13-14 лет и с 13-14 до 15-16 лет.

Индивидуальные особенности уровня кровотока изучаются с использованием сердечного индекса (СИ), отражающего отношение минутного объема крови к площади поверхности тела. Наиболее объективная оценка сердечного выброса возможна при условии учета длины и массы тела, возраста и пола [41, 188, 159, 187].

В процессе исследования выявлено, что у хоккеистов с возрастом происходит снижение показателей СИ с 3,4 л/мин/м<sup>2</sup> (11-12 лет) до 2,1 л/мин/м<sup>2</sup>

(19-21 год) (Рисунок 8). Такая же динамика отмечается у лиц КГ, но значения данного показателя у них выше во всех возрастных группах по сравнению с хоккеистами ( $p < 0,05$ ), а внутригрупповые значения имеют более сильный разброс данных. Снижение СИ с увеличением возраста, на наш взгляд, свидетельствует об уменьшении интенсивности кровотока в состоянии относительного покоя и обусловлено снижением основного обмена.

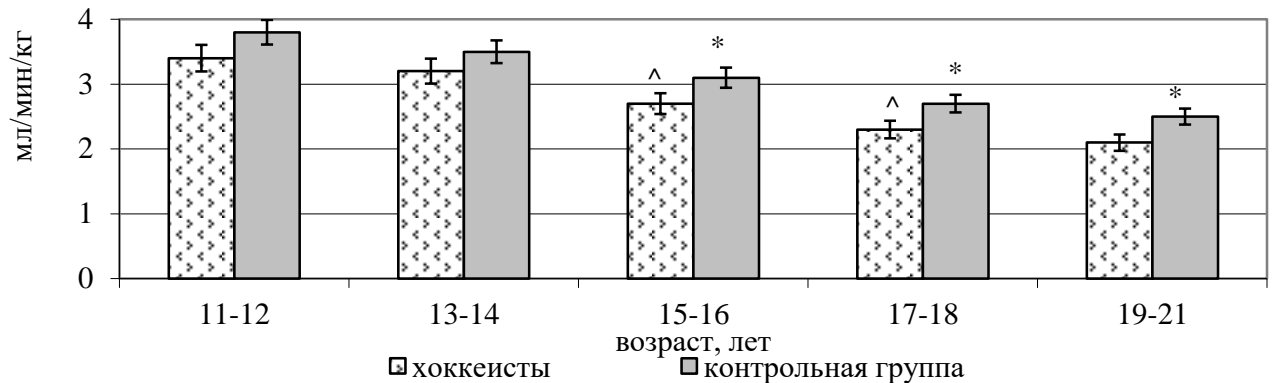


Рисунок 8 – Показатели СИ хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, мл/мин/кг<sup>2</sup>

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Согласно имеющимся литературным данным, различные типы кровообращения отражают адаптационные возможности организма. Более высокая активность симпатoadренальной системы отмечается при гиперкинетическом типе кровообращения (ГрТК), вследствие чего работа сердца происходит в менее экономичном режиме, и ограничиваются компенсаторные возможности сердечно-сосудистой системы. При гипокинетическом типе кровообращения (ГТК) сердечно-сосудистая система обладает большим диапазоном адаптации, и работа сердца происходит в наиболее экономичном режиме [43, 159, 160, 187].

Выявлено, что на этапе спортивной специализации ПНС среди хоккеистов (11-12 лет) преобладают спортсмены с эукинетическим типом кровообращения (ЭуТК) (Рисунок 9А), тогда как в возрасте 13-14 лет (этап СС, ПУС) в равной степени встречаются ГрТК и ГТК (по 37%). На этапе ССМ (15-16 и 17-18 лет, а также у хоккеистов 19-21 года (этап ВСМ) преобладают спортсмены с ГТК, а

количество индивидуумов с эукинетическим типом достоверно уменьшается ( $p < 0,05$ ) [90, 69]. Во всех возрастных группах контроля преобладает ЭуТК (от 48% до 57%) (Рисунок 9Б). С возрастом у лиц КГ происходит снижение встречаемости ГрТК (с 32% в 11-12 лет до 16% в 19-21 год) и повышение встречаемости ГТК – от 18% до 29% ( $p < 0,05$ ).

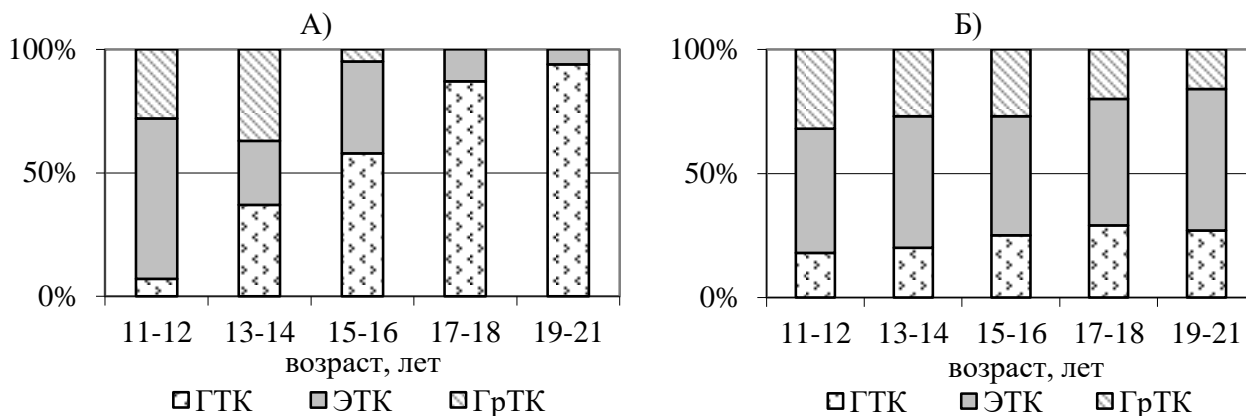


Рисунок 9 – Соотношение типов кровообращения у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года, %

Для оценки структурно-функциональных показатели миокарда у хоккеистов в условиях относительного покоя также был использован метод эхокардиографии. Полученные данные ранее были опубликованы в совместном исследовании с О.Н. Кудря [82]. Показатели ЭхоКГ хоккеистов 11-18 лет представлены на рисунках 10-12.

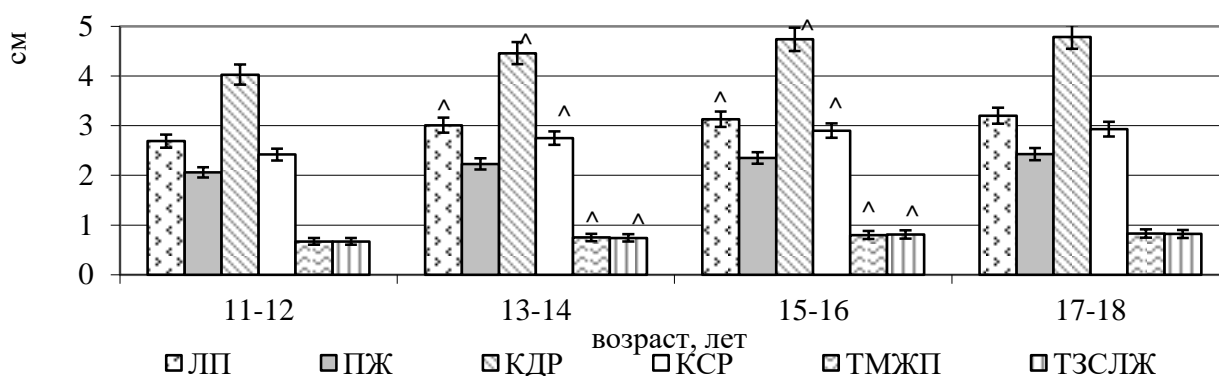


Рисунок 10 – Морфометрические показатели миокарда хоккеистов 11-18 лет, см  
Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ ; ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов

Выявлено, что морфометрические показатели сердца увеличиваются с возрастом, причем по большинству показателей отмечаются достоверные

различия между данными хоккеистов 11-12 лет и 13-14 лет, а также 13-14 лет и 15-16 лет (Рисунок 10) ( $p < 0,05$ ). У хоккеистов 15-16 лет и 17-18 лет (этап ССМ) различия достоверные ( $p < 0,05$ ) по следующим показателям: толщина межжелудочковой перегородки и толщина задней стенки левого желудочка.

Увеличение показателей КСО и КДО с возрастом и уровнем тренированности может быть рассмотрено как механизм адаптации сердца, в том числе, к повышенным мышечным нагрузкам. Изучение темпов прироста структурно-функциональных показателей миокарда позволило выявить, что максимальные увеличения отмечаются в возрастном периоде от 11-12 лет до 13-14 лет (этап СС). Так, в данный возрастной период КСО увеличивается на 31%, КДО – на 24%, ММЛЖ – 32% ( $p < 0,05$ ). Размеры сердца при этом изменяются также значительно: ЛП – 11%, ПЖ – 8%, КДР – 10%, КСР – 13%, ТМЖП и ТЗСЛЖ – по 11%.

Конечный систолический объем связан в большей степени с сократительной функцией сердца, но зависит также и от постнагрузки (сопротивления выбросу крови). Конечный диастолический объем сопряжен с объемом полости желудочка и объемом притока крови (преднагрузка). Выявлено, что показатели КСО (мл) и КДО (мл) у хоккеистов с возрастом и ростом уровня тренированности увеличиваются, что указывает на постепенное формирование «спортивного сердца» (Рисунок 11).

Нами также была оценена масса миокарда левого желудочка. У хоккеистов 11-12 лет данный показатель составляет  $77,7 \pm 15,8$  г, у спортсменов на этапах СС (ПУС, 13-14) –  $106,5 \pm 24,8$  г и ССМ (до 2-х лет, 15-16 лет) –  $129,4 \pm 27,3$  г. В возрастном диапазоне с 13-14 лет до 15-16 лет у хоккеистов отмечен значительный прирост показателей КСО и КДО (12% и 14% соответственно), а ММЛЖ повышается на 19% ( $p < 0,05$ ). Различия достоверны между каждой последующей возрастной группой. ММЛЖ (г) у хоккеистов на этапе ССМ (свыше 2- лет, 17-18 лет) составляет  $136,2 \pm 21,9$  г и по отношению к группе спортсменов 15-16 лет увеличивается незначительно. Выявлено, что индекс массы миокарда левого желудочка – показатель, рассчитываемый к площади поверхности тела, у

хоккеистов 11-12 лет составляет  $57,15 \pm 9,58$  г/м<sup>2</sup>, в 13-14 лет –  $65,10 \pm 12,44$  г/м<sup>2</sup>, в возрасте 15-16 лет –  $70,85 \pm 13,13$  г/м<sup>2</sup>, у 17-18-летних –  $71,42 \pm 9,01$  г/м<sup>2</sup>.

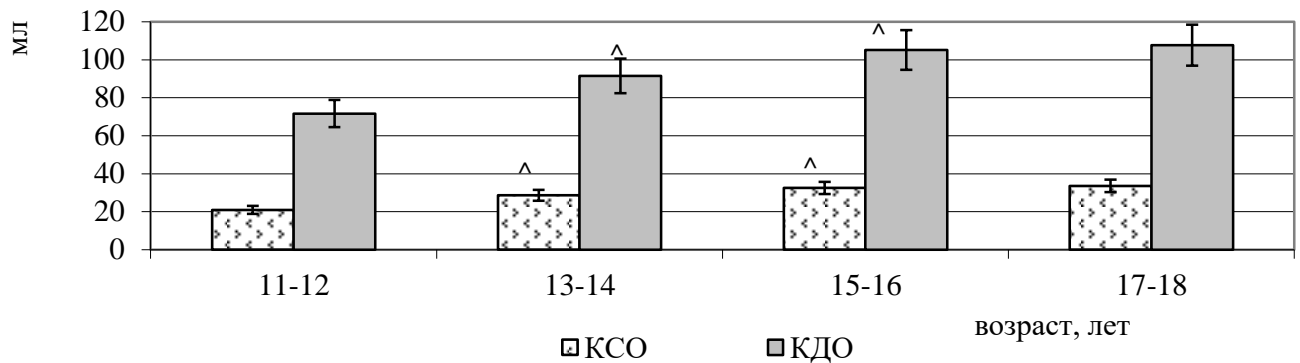


Рисунок 11 – Структурно-функциональные показатели миокарда хоккеистов 11-18 лет, мл

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов

На этапе спортивной специализации (ПНС) фракция выброса (ФВ, %), как показатель, отражающий процент крови, выброшенный при сокращении сердечных мышц, наиболее высок и составляет  $70,6 \pm 5,2\%$ , на этапах СС (ПУС, 13-14 лет) и ССМ (до 2-х лет, 15-16 лет) –  $68,6 \pm 3,5\%$  и  $69,1 \pm 4,6\%$  соответственно, В группе хоккеистов 17-18 лет ФВ (%) составляла  $68,3 \pm 6,5\%$ . Необходимо отметить, что достоверные различия данного показателя выявлены только между группами 11-12 и 13-14 лет ( $p < 0,05$ ).

При сравнительном анализе в пилотном эксперименте основных гемодинамических показателей полученных методами Эхо КГ и тетраполярной реовазографии достоверных различий не получено. В связи с этим, оценка показателей центральной гемодинамики при выполнении дозированной физической нагрузки и в процессе срочного восстановления нами проводилась при помощи метода тетраполярной реовазографии, как более доступного в использовании. Сравнительный анализ результатов исследования позволил выявить, что с возрастом и увеличением стажа занятий у хоккеистов в условиях относительного покоя наблюдается снижение частоты сердечных сокращений и минутного объема крови, увеличение среднего артериального давления, пульсового давления и ударного объема крови. Тенденция изменения средних показателей всех видов артериального давления у хоккеистов разных возрастных

групп не отличается от таковых показателей лиц, не занимающихся спортом, при этом происходит увеличение САД, ДАД и АДср (мм рт. ст.). Анализ результатов исследования показал, что в возрастном диапазоне от 11-12 лет до 19-21 года у хоккеистов формируется более экономичный режим функционирования сердечно-сосудистой системы за счет увеличения ОПСС (дин/с /см<sup>-5</sup>), УПСС (усл. ед.) и снижения сердечного индекса.

Наиболее распространенным информативным не инвазивным методом исследования состояния сердца является электрокардиография (ЭКГ), которая позволяет оценить различные проявления биоэлектрической активности миокарда. При анализе биоэлектрической активности миокарда у хоккеистов 11-21 года был выявлен значительный процент отклонений в ЭКГ от нормы. Так у 32% хоккеистов в общей выборке ЭКГ была без особенностей, в 68% случаев зарегистрированы отклонения в электрокардиографии. Наибольшее количество ЭКГ-нарушений обнаружено в возрастной группе 11-12 лет, с возрастом происходит снижение количества хоккеистов с изменениями в биоэлектрической активности миокарда (Рисунок 12).

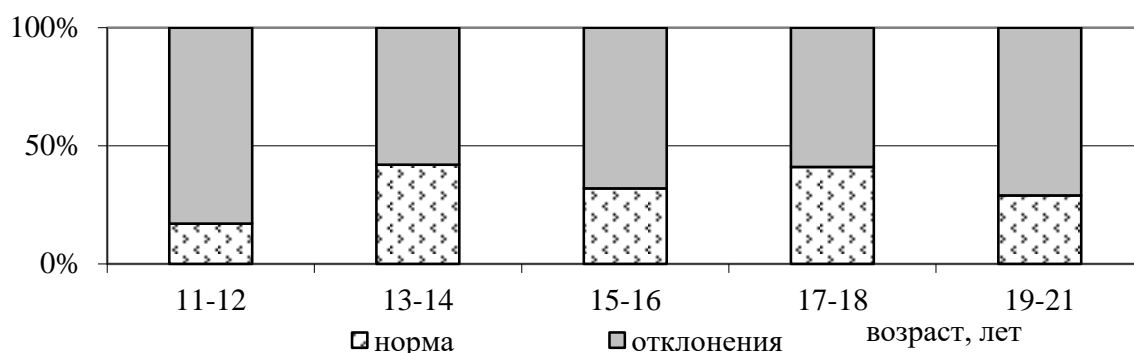


Рисунок 12 – Процентное соотношение хоккеистов 11-21 года с нормальной и измененной биоэлектрической активностью миокарда, %

Нарушения биоэлектрической активности миокарда по данным ЭКГ у хоккеистов были представлены следующими проявлениями: изменения возбудимости миокарда и процессов реполяризации желудочков, автоматизма и проводимости (Таблица 9). В возрастных группах 11-12 и 13-14 лет (этап СС) выявлялись признаки Т-infantile [88]. По мнению ряда авторов [124, 86], подобные изменения в биоэлектрической активности миокарда, могут рассматриваться как

вариант нормы. У большинства хоккеистов отмечалось сочетание нескольких ЭКГ-нарушений.

Таблица 9 – Различные проявления изменений биоэлектрической активности миокарда у хоккеистов 11-21 года, в %

Возраст, лет	Нарушение автоматизма	Нарушение проводимости	Нарушение возбудимости	Нарушение процессов реполяризации
11-12	59	7	17	17
13-14	44	28	8	20
15-16	47	32	6	15
17-18	27	32	8	27
19-21	35	30	5	20

Проведенный нами возрастной анализ ЭКГ-нарушений показал, что у хоккеистов в возрастных группах 11-12 и 15-16 лет чаще всего встречались нарушения автоматизма, которые проявлялись в виде миграции водителя ритма и синусовой аритмии (Таблица 9). Следует отметить, что в старших возрастных группах, а именно с 17 лет, у ряда спортсменов отмечалась выраженная брадикардия. Выявлено, что из нарушений проводимости миокарда наиболее часто выявлялась неполная блокада правой ножки пучка Гиса, реже встречались синоаурикулярная и атриовентрикулярная блокада I-II степени, CLC-синдром (укорочение предсердно-желудочковой проводимости). Данные отклонения в проводящей системе сердца наиболее часто обнаруживались у хоккеистов 17-18 лет, а также наблюдались в возрастной группе 15-16 лет [88].

Сравнительный анализ ЭКГ показал, что в возрасте 11-12 лет (этап СС, ПНС) у спортсменов выявлялись предсердные и желудочковые экстрасистолы в виде единичных суправентрикулярных и желудочковых комплексов, что является свидетельством нарушения возбудимости миокарда, при этом в старших возрастных группах данное явление встречалось в единичных случаях. Изменения в конечной части желудочкового комплекса, характеризующие процессы реполяризации, были выявлены в большом проценте случаев у хоккеистов 17-18 лет (этап ССМ) [87]. Такие нарушения, по данным ряда авторов, связаны с электролитными нарушениями и процессами метаболизма сердечной мышцы

[124, 108 и др.]. Характер нарушений биоэлектрической активности миокарда в разных возрастных группах менялся, что, вероятно, связано с увеличением биологической зрелости организма и стажа занятий спортом.

Состояние адаптационных механизмов и уровень функционирования регуляторных систем отражает сердечный ритм, который является наиболее информативным и доступным показателем изменений, происходящих в организме под действием различных факторов [9, 118, 184, 140, 31, 32, 203, 204 и др.]. Уровень развития регуляторных механизмов организма определяет способность к мобилизации функциональных резервов, перестройке взаимосвязей отдельных параметров функций во время выполнения мышечной работы [119, 141, 142, 228]. Адаптивные реакции организма детей на одинаковую физическую нагрузку зависят от преобладания того или иного типа регуляции сердечного ритма [203]. Характер адаптации к физической нагрузке и уровень физической работоспособности сопряжены с состоянием регуляторных механизмов аппарата кровообращения [159, 244, 14, 256 и др.], при этом приспособление организма к физическим нагрузкам зависит и от характера вегетативной регуляции [64, 197, 141, 142 и др.]. Общее состояние организма, запас адаптации регуляторных систем можно оценить с помощью количественной оценки регуляторных систем сердца. В этом случае сердечный ритм имеет важнейшее прогностическое значение как при патологических состояниях различных систем организма (дыхательной, сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной), так и при изучении процессов адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов. Перенапряжение систем регуляции является немаловажным фактором для спортсменов в условиях напряженных тренировок и соревнований и может привести к неадекватному уровню функционирования, основных систем организма и, как следствие, к срыву механизмов адаптации и появлению заболеваний [93]. На этом основании в нашем исследовании был использован метод оценки variability сердечного ритма с использованием статистических характеристик, кардиоинтервалографии и изучением расчетных вторичных показателей. Средние значения

статистических характеристик сердечного ритма испытуемых разного возраста представлены на рисунках 13-14.

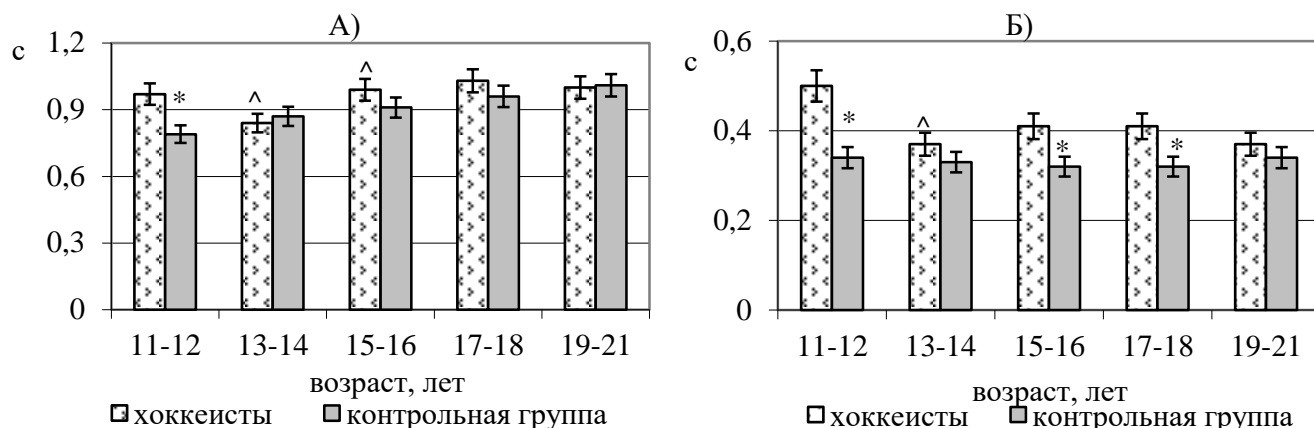


Рисунок 13 – Показатели Мо (А) и ВР (Б) у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, (с)

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Показатели вариационного размаха ( $\Delta ВР$ , с), которые отражают влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на сердечный ритм, у хоккеистов выше, чем у сверстников КГ (Рисунок 13Б) ( $p < 0,05$ ). Изменения  $\Delta ВР$  в контрольной группе в возрастном диапазоне незначительны, тогда как у хоккеистов происходит его значительное снижение от 11-12 до 13-14 лет (этап СС) ( $p < 0,05$ ).

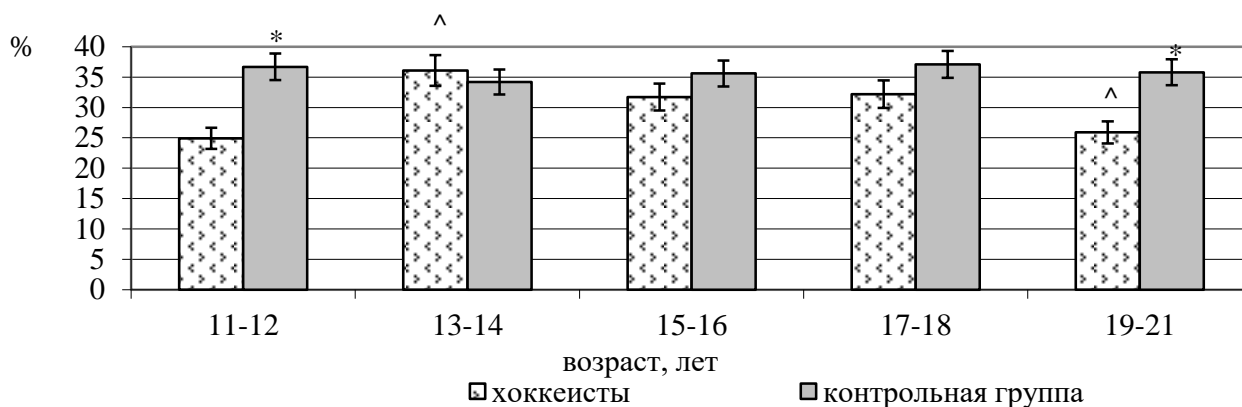


Рисунок 14 – Показатель АМо, % у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Преобладание влияния симпатического отдела ВНС на ритм сердца (АМо, %) у хоккеистов становится более выраженным к возрасту 13-14 лет (до 36,1%). Затем, имеется тенденция к плавному снижению данного показателя, что свидетельствует об увеличении вагусного влияния на синусовый узел (Рисунок14). У испытуемых КГ наблюдается волнообразный характер изменения данного показателя: наиболее низкие его значения отмечены в возрастной группе 13-14 лет.

При анализе индивидуальных показателей ВРС у обследованных выявлена некоторая неоднородность их значений (Рисунок 15): в возрастной группе 11-12 лет (этап СС, ПНС) преобладают хоккеисты с выраженным влиянием парасимпатического отдела ВНС на ритм сердца (62%), в 13-14 лет (этап СС, ПУС) чаще встречаются спортсмены с повышенной активностью симпатического канала регуляции ритма сердца (42%) ( $p < 0,05$ ). В старших возрастных группах практически в равной степени встречаются хоккеисты как с эйтонией, так и с ваготонией, при этом количество спортсменов с повышенной активностью симпатического канала регуляции ритма сердца снижается [94].

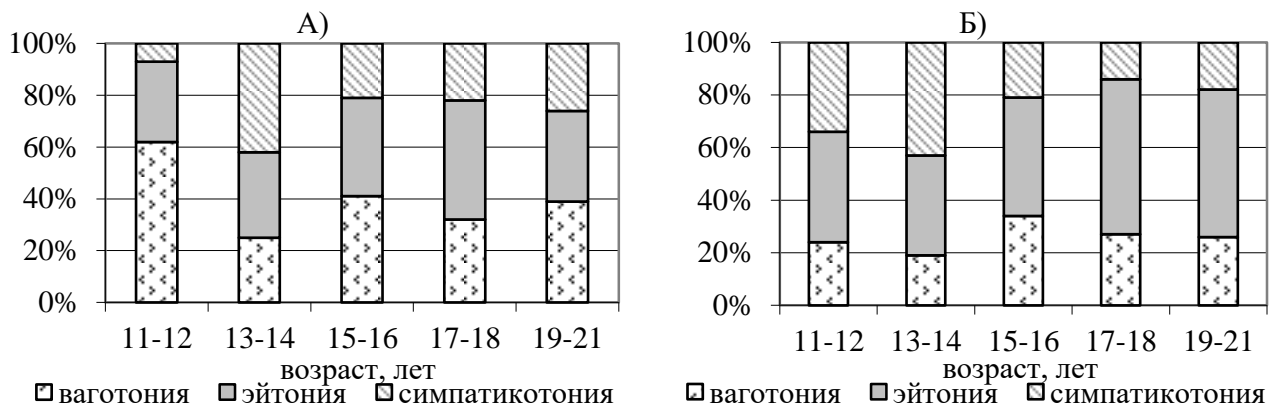


Рисунок 15 – Структура распределения исходного вегетативного тонуса по данным КИГ хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года, %

По мнению ряда авторов, такие волнообразные изменения регуляции сердечного ритма связаны с гормональными перестройками в организме в пубертатный период [63, 184,142]. Сравнительный анализ показал, что во всех возрастных группах лиц, не занимающихся спортом, чаще отмечается

сбалансированное влияние на сердечный ритм парасимпатического и симпатического отделов ВНС (Рисунок 15).

На основании изучения данных спектрального анализа ВРС в условиях относительного выявлено следующее: что суммарная активность нейрогуморальных влияний на сердечный ритм, характеризующаяся величиной общей мощности спектра (TP,  $мс^2$ ), имеет максимальные значения как у спортсменов, так и у подростков КГ в 13-14 лет (Рисунок 16). С возрастом наблюдается снижение общей мощности спектра, при этом в возрасте 19-21 год отмечаются его минимальные значения. Необходимо отметить, что показатели общей мощности спектра у хоккеистов значительно превышают таковые показатели лиц, не занимающихся спортом [67] ( $p < 0,05$ ). По мнению В.М. Михайлова [118], высокие значения общей мощности спектра и высокочастотного компонента у подростков можно рассматривать как несовершенство регуляторных механизмов сердечного ритма. Следует отметить, что абсолютная мощность высокочастотных колебаний (HF,  $мс^2$ ), отражающих влияние на работу сердца блуждающего нерва и связанного с дыхательными движениями у хоккеистов, изучаемых нами групп с возрастом имеет тенденцию к снижению (Рисунок 16).

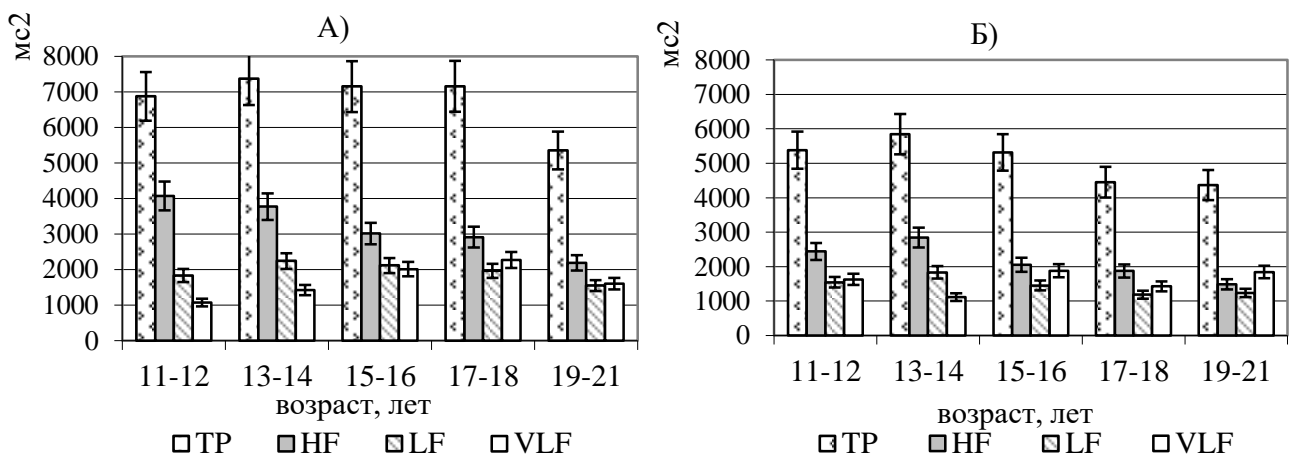


Рисунок 16 – Показатели спектрального анализа у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года в условиях относительного покоя,  $мс^2$

Показатели абсолютной низкочастотной (LF,  $мс^2$ ) составляющей, отражающей симпатическую активность регуляции и активность вазомоторного

центра, у хоккеистов с 11-12 до 15-16 лет в условиях относительного покоя постепенно увеличиваются, а в более старших возрастных периодах (17-18 лет и 19-21 год) отмечается их стабилизация, тогда как у их сверстников КГ, данное явление выявлено с 15-16 лет.

Абсолютная мощность очень низкочастотных колебаний (VLF,  $\text{мс}^2$ ), по показателям которой можно судить о гуморально-метаболическом уровне регуляции, увеличивалась до возраста 17-18 лет (этап ССМ, свыше 2-х лет), а в следующем возрастном диапазоне отмечается этого уровня снижение до оптимального значения, что, вероятно, объясняется окончанием пубертатного периода. В группе лиц, не занимающихся спортом, изменения VLF происходят волнообразно [67].

Данные, полученные при анализе вклада разных показателей в общий спектр, указывают на то, что у хоккеистов с возрастом несколько снижается доля высокочастотных колебаний в общем спектре variability ритма сердца при увеличении низкочастотной составляющей (Рисунок 17А). С этапа совершенствования спортивного мастерства у хоккеистов 15-16, 17-18 лет к этапу ВСМ (19-21 год) наблюдается снижение вклада очень низкочастотной составляющей в общей доле спектра. В КГ с возрастом, отмечается увеличение доли высокочастотной составляющей в общей доле спектра, с параллельным снижением низкочастотной составляющей и практически не изменяющейся очень низкочастотной составляющей (Рисунок 17Б).

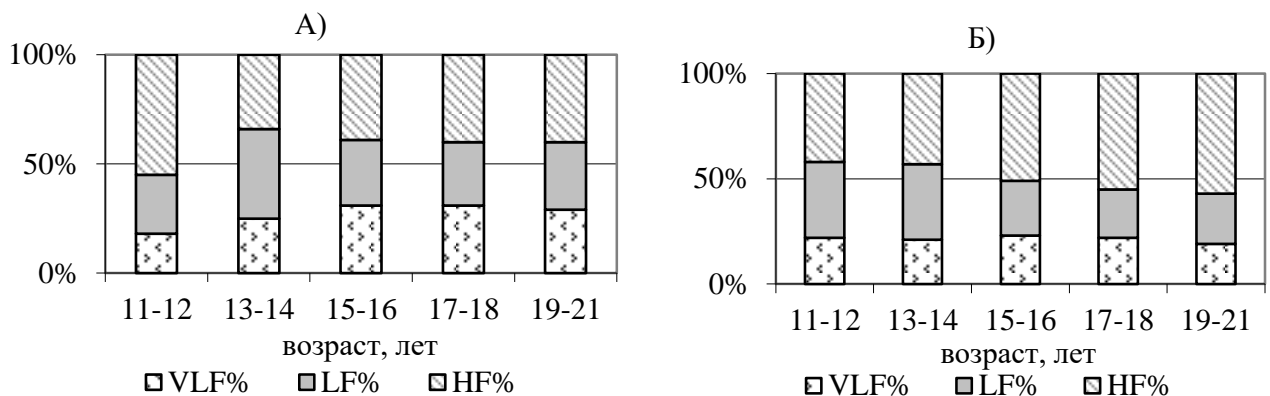


Рисунок 17 – Распределение составляющих спектра ВРС у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 года в условиях относительного покоя, %

Распределение составляющих спектра ВРС во всех возрастных КГ соответствовало ненапряженному вегетативному балансу –  $LF > VLF < HF$ . У хоккеистов данное соотношение различалось и было следующим: в возрастных группах 11-12 лет и 19-21 год –  $VLF < HF > LF$  (относительная ваготония), в возрасте 15-16 и 17-18 лет (этап ССМ) наблюдается напряженный вегетативный баланс ( $HF > LF < VLF$ ), тогда как в 13-14 лет – ненапряженный вегетативный баланс ( $LF > VLF < HF$ ) [67].

Оценка баланса симпатических и парасимпатических влияний на сердечный ритм проводилась по отношению  $LF/HF$ . Выявлено, что изменения данного показателя в возрастном аспекте у хоккеистов происходят волнообразно: до 15-16 лет плавное увеличение, затем наблюдается его снижение (Рисунок 18). В КГ изменение соотношения  $LF/HF$  происходит иначе: увеличение до 19-21 года со снижением в возрасте 17-18 лет.

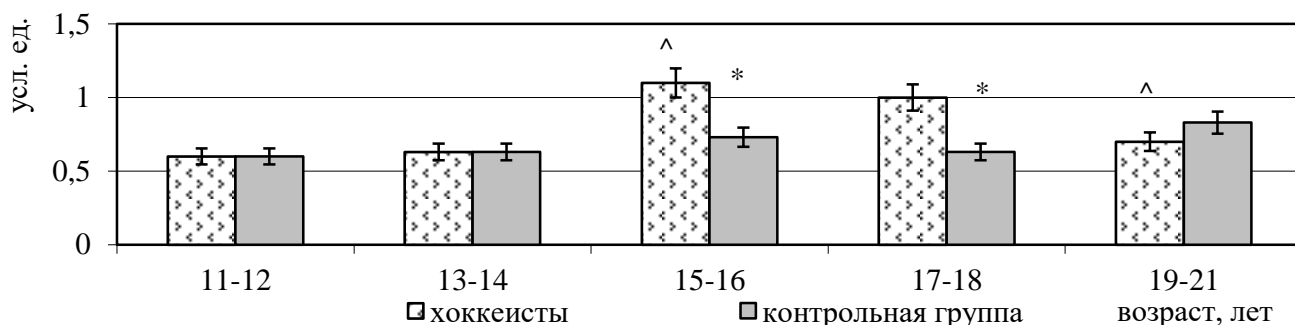


Рисунок 18 – Отношение  $LF/HF$  у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года в условиях относительного покоя, усл. ед.

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ.

Изменение ИАПЦ у спортсменов и сверстников КГ, имеет одинаковую направленность, но у хоккеистов 11-12 и 13-14 лет (этап СС) данный показатель значительно выше, чем в КГ ( $p < 0,05$ ). Увеличение ИАПЦ происходит до 13-14 лет и имеет в этом возрасте максимальные значения. Тогда как в следующем возрастном периоде (15-16 лет) происходит его снижение и стабилизация (Рисунок 19). Таким образом, в процессе исследования выявлено, что у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, отмечаются особенности в регуляции сердечного ритма, которые связаны как с возрастными особенностями,

так и с процессами долговременной адаптации к напряженной мышечной деятельности.



Рисунок 19 – Значения индекса централизации (А) и индекса активации подкорковых центров (Б) у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года в условиях относительного покоя, усл. ед.

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ ; ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

На наш взгляд, высокие значения ИАПЦ, а также лабильность основных показателей гемодинамики у хоккеистов 13-14 лет оказались максимальными в силу того, что именно этот возрастной отрезок является критическим в созревании системы кровообращения, что и проявляется высокой активностью сердечно-сосудистого и сосудодвигательного центров [67]. Окончание пубертатного периода у хоккеистов в возрасте 15-16 лет характеризуется высокими значениями ИЦ (усл.ед.) и стабилизацией гемодинамических показателей на данном возрастном этапе.

### 3.2. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы хоккеистов к нагрузкам аэробной и анаэробной направленности на этапах многолетней подготовки

В практике спортивной физиологии показатели уровня физической работоспособности используются для оценки функциональных возможностей организма, уровня тренированности спортсмена и состояния здоровья в целом.

Процессы срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам различного характера принято изучать по ответной реакции систем организма, в частности, сердечно-сосудистой и вегетативной регуляции сердечного ритма.

Известно, что показатели физической работоспособности аэробной и анаэробной направленности зависят от возраста, пола и уровня квалификации спортсмена. Кроме того, по мнению Н.Н. Урюпина с соавт. [179], вклад различных компонентов в обеспечение специальной работоспособности на разных этапах многолетней подготовки будет неравнозначным, что необходимо учитывать при организации комплексного контроля. Попытка изучить особенности срочного приспособления организма хоккеистов к дозированным нагрузкам различной направленности предпринята в нашем исследовании для понимания изменения уровня функциональной подготовленности на этапах многолетней подготовки и представлена ниже.

Функциональное состояние спортсменов обычно оценивают по реакции организма на дозированную физическую нагрузку. Для оценки преимущественно аэробных возможностей и уровня общей работоспособности организма наиболее часто используют функциональный тест  $PWC_{150-170}$  [74, 115, 14 и др.]. Аэробные процессы в организме зависят от ряда факторов: скорости процессов доставки и утилизации кислорода, запасов продуктов окисления, работы систем кровообращения, крови и дыхания. Анаэробные возможности крайне важны для хоккеистов и связаны со способностью выполнять мощную кратковременную нагрузку за счет расщепления энергетических веществ без участия кислорода [51]. Анаэробные возможности организма определяют адаптацию тканей к условиям гипоксии во время выполнения физической нагрузки. Согласно данным ряда авторов, чем старше спортсмены, тем более выражены структурно-функциональные перестройки их сердца [14, 269, 260, 261, 31, 33].

Сравнительный анализ результатов исследования показал, что уровень общей физической работоспособности (тест  $PWC_{170}$ ), как абсолютной, так и относительной, закономерно увеличивается с возрастом, независимо от занятий спортом. Максимальных значений уровень абсолютной общей физической

работоспособности достигает к периоду ВСМ (19-21 год) (Рисунок 20). Согласно данным С.Б. Тихвинского с соавт. [173], относительная физическая работоспособность увеличивается в возрастном диапазоне с 8 до 15 лет, но в нашем исследовании у лиц КГ результаты данного теста показали, что таковое увеличение происходит вплоть до 19-21 года. Выявлено также, что аэробная физическая работоспособность достоверно выше у хоккеистов во всех возрастных группах по сравнению с лицами, не занимающимися спортом.

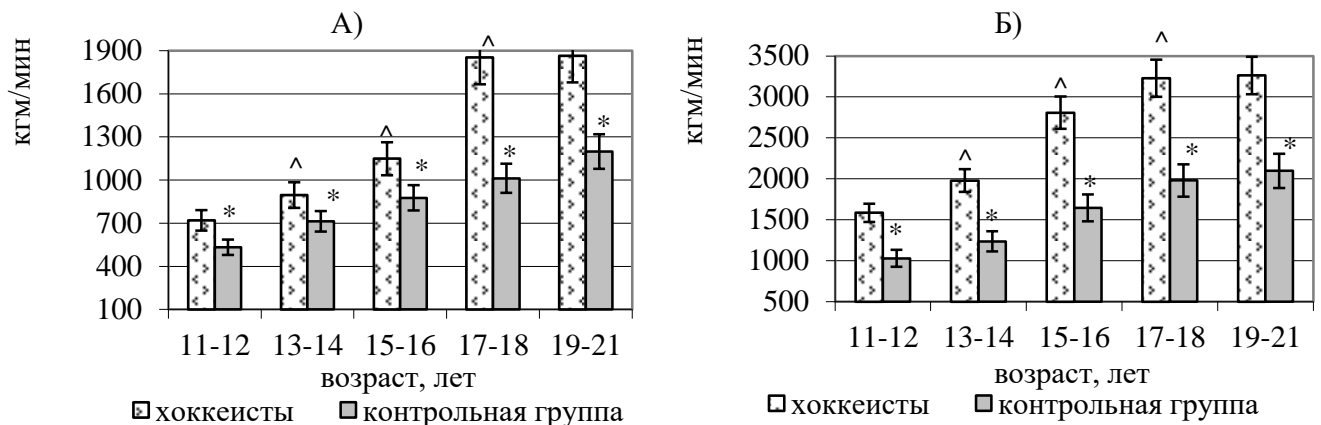


Рисунок 20 – Показатели абсолютной работоспособности аэробной PWC<sub>170</sub> (А) и анаэробной W<sub>суб</sub> (Б) у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года  
Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Максимальный прирост абсолютных и относительных показателей аэробной (общей) физической работоспособности у хоккеистов отмечается в возрастном диапазоне на этапе ССМ от 15-16 до 17-18 лет и составляет 47% и 30% соответственно, когда все больше совершенствуются функции ССС и ДС на фоне стабилизации физического развития. У лиц, не занимающихся спортом, абсолютные показатели наиболее значительно увеличиваются от 11-12 до 13-14 лет (на 29%), тогда как относительные значения имеют максимальный прирост с 15-16 до 17-18 лет (11%), но, по сравнению с хоккеистами, величины прироста незначительны.

При сравнении средних величин анаэробной физической работоспособности при работе в субмаксимальной зоне мощности, где значения ЧСС превышают 180 уд/мин. обнаружено, что абсолютные значения с возрастом

увеличиваются как в КГ, так и у хоккеистов. Несмотря на это уровень абсолютной и относительной анаэробной физической работоспособности у хоккеистов всех возрастных групп достоверно выше, чем в КГ ( $p < 0,05$ ). Следует отметить, что относительные значения у хоккеистов достигают максимума в 15-16 лет (этап ССМ, до 2-х лет), а затем происходит их снижение вследствие увеличения МТ спортсменов (Рисунок 21), тогда как в контрольной группе данный показатель увеличивается постепенно от возраста к возрасту.

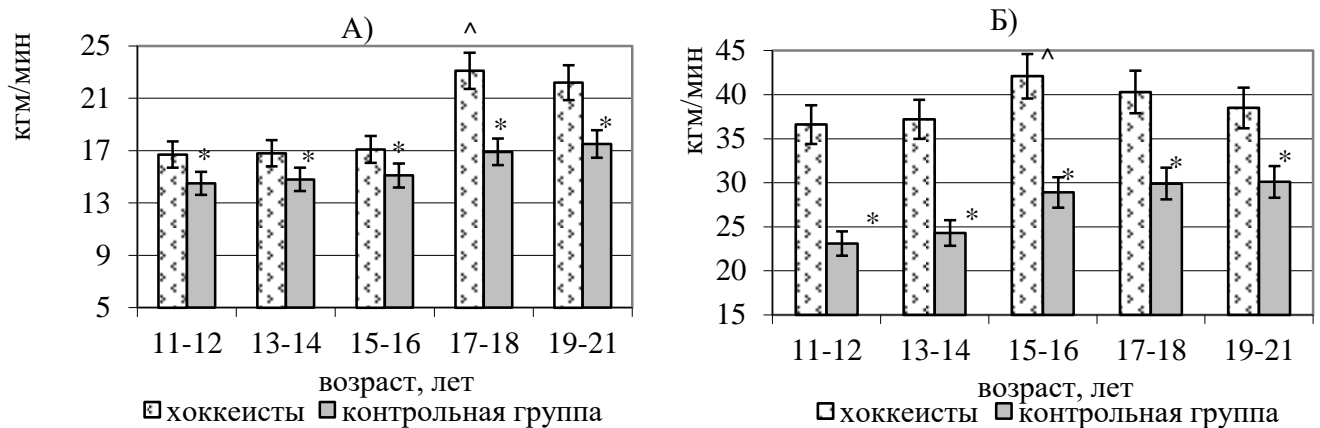


Рисунок 21 – Показатели относительной работоспособности аэробной PWC<sub>170</sub> (А) и анаэробной W<sub>суб</sub> (Б) у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года  
Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ ; <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Сравнительный анализ прироста относительных показателей анаэробной работоспособности показал, что совершенствование анаэробных механизмов обеспечения совершенствуется в препубертатном и пубертатном периодах, о чем свидетельствует наибольшее увеличение показателей с 13-14 до 15-16 лет, как у хоккеистов, так и КГ (35% и 12% соответственно) ( $p < 0,05$ ). Абсолютные значения анаэробной работоспособности увеличиваются с 15-16 до 17-18 лет (28% и 17% соответственно) ( $p < 0,05$ ).

Максимальное потребление кислорода (МПК) принято считать основным параметром, отражающим аэробные возможности организма и степень окислительных процессов при продолжительных физических нагрузках, характеризующим готовность кардиореспираторной системы к длительной и напряженной работе [77, 80, 230, 19, 241, 214 и др.]. Сравнительный анализ

результатов исследования позволил выявить, что абсолютные значения МПК у хоккеистов достоверно выше, чем у лиц, не занимающихся спортом, во всех возрастных группах, тогда как относительные значения достигают достоверных различий, только начиная с 15-16 лет ( $p < 0,05$ ) (Таблица 10).

Таблица 10 – Показатели ( $M \pm m$ ) абсолютной и относительной аэробной производительности у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года

Возраст, лет	Группа	n	Показатели	
			МПК абс., л/мин	МПК отн., мл/мин/кг
11-12	1	36	2,5±0,03	57,7±1,21
	2	45	2,1±0,02*	55,2±1,03
13-14	1	34	2,8±0,05^	52,7±1,21^
	2	42	2,4±0,03*^	48,7±1,31
15-16	1	34	3,6±0,09^	54,0±1,06
	2	42	2,7±0,03*^	42,6±1,23*^
17-18	1	37	5,1±0,11^	64,2±1,16^
	2	41	2,9±0,08*	41,7±1,44*
19-21	1	31	5,2±0,13	61,5±1,66
	2	39	3,2±0,15*	40,9±1,65*

Примечания: 1 – хоккеисты, 2 – лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \* – достоверность различий между 1 и 2 группой; ^ – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Между тем, у хоккеистов в возрастных периодах от 11-12 до 13-14 лет и от 17-18 лет до 19-21 года отмечается снижение относительного максимального потребления кислорода, тогда как в контрольной группе этот показатель становится все более низким в каждом возрастном периоде. На наш взгляд, данное явление у хоккеистов имеет место быть, в виду того, что именно в эти возрастные диапазоны отмечается увеличение массы тела на фоне незначительного повышения МПК.

Траты энергоресурсов зависят от площади поверхности и массы тела спортсмена, поэтому для корректного сравнения результатов спортсменов с различной МТ (кг) используют относительные значения МПК. Сравнительный анализ прироста абсолютных показателей МПК у хоккеистов позволил выявить, что значительное его увеличение происходит до достижения возраста 17-18 лет [89]. Наиболее значимый прирост наблюдается от 13-14 до 15-16 лет (на 26%), максимальный прирост отмечен от 15-16 до 17-18 лет (этап ССМ) и составляет

35%. В КГ данный показатель во всех возрастных группах увеличивается незначительно (от 7% до 13%).

Темпы прироста относительных значений МПК отличаются от таковых в абсолютных единицах. Максимальное увеличение отмечается от 15-16 до 17-18 лет (этап ССМ) и составляет 17%, тогда как с 11-12 до 13-14 лет (этап СС) и с 17-18 лет до 19-21 года выявлено снижение относительных значений МПК. Вероятно, этот факт связан с совпадением во времени периодов увеличения МТ спортсменов. Отрицательная динамика прироста относительных значений МПК во всех возрастных группах выявлена у исследуемых КГ. Таким образом, , несмотря на отсутствие явных различий между показателями гемодинамики в условиях относительного покоя у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, отмечается явное превосходство в уровне аэробной и анаэробной работоспособности у спортсменов [90].

Возможность организма к проявлению высокой аэробной и анаэробной работоспособности во многом зависит от работы кардиореспираторной, регуляторной и энергетической систем. По показателям физической работоспособности нельзя в полной мере судить о «цене адаптации» к физической нагрузке и степени напряжения регуляторных систем, так как они не всегда отражают функциональную готовность организма к выполнению физических нагрузок. С этой целью нами изучался процесс срочного восстановления и тип реакции ССС на нагрузку. По мнению ряда авторов, наиболее благоприятной реакцией ССС на физическую нагрузку является тип реакции, при котором происходит параллельный прирост ЧСС (уд/мин) и ПД (мм рт.ст.) (нормотонический) и быстрое восстановление показателей до исходных значений [43, 36, 117 и др.].

При анализе типов реакции ССС в ответ на дозированную физическую нагрузку установлено, что во всех возрастных группах хоккеистов встречались нормо-, гипо- и дистонический типы реакции ССС. Гипертонический тип реакции в изучаемой выборке не выявлен (Рисунок 22А). Реакция ССС на физическую нагрузку анаэробного характера характеризуется подавляющим преобладанием

дистонического типа реакции ССС во всех возрастных группах хоккеистов, кроме возраста 13-14 лет. Некоторыми авторами такая ответная реакция на анаэробную нагрузку рассматривается как удовлетворительный механизм адаптации ССС к данному виду мышечной деятельности. У спортсменов 13-14 лет в 54% случаев наблюдается гипотонический тип реакции, который является неблагоприятным при выполнении физической нагрузки анаэробного характера. Нормотоническая реакция ССС на анаэробную физическую работу у хоккеистов отмечалась во всех возрастных группах, однако в возрасте 15-16 лет это были единичные случаи [90].

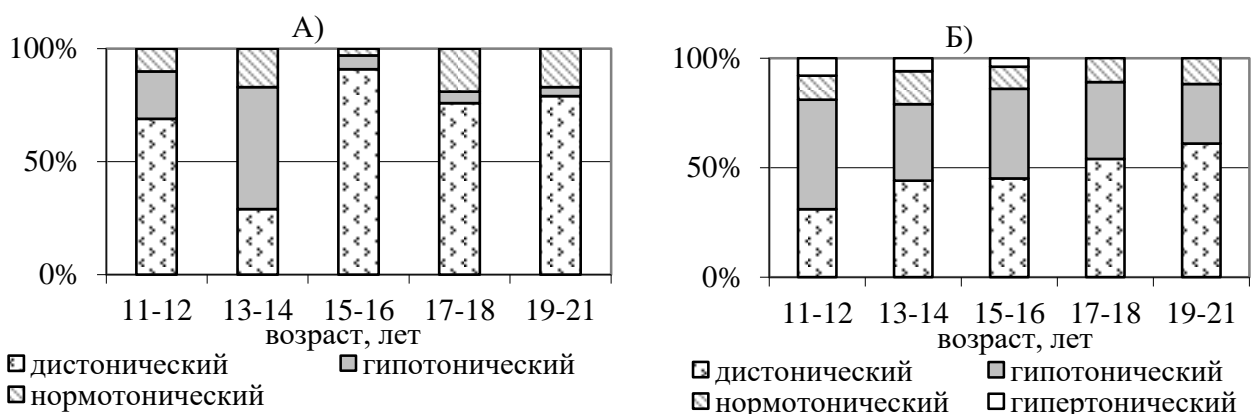


Рисунок 22 – Тип реакции сердечно-сосудистой системы на анаэробную физическую нагрузку у хоккеистов (А) и лиц, не занимающихся спортом, (Б) 11-21 лет, %

Анализ типов реакции ССС на анаэробную физическую нагрузку в контрольной группе позволил выявить следующее: в возрастных группах с 11-12 до 15-16 лет в единичных случаях обнаружена гипертоническая реакция, в группе 11-12 лет в большинстве случаев отмечается гипотоническая реакция, в более старших группах преобладает дистонический тип реакции (Рисунок 22Б).

При оценке особенностей реакции гемодинамики на физическую нагрузку обнаружено, что с возрастом происходит постепенное увеличение индекса хронотропного резерва (ИХР) в ответ на физическую работу аэробного и анаэробного характера у всех испытуемых, независимо от занятий спортом (Рисунок 23). Максимальный прирост ИХР при выполнении теста  $PWC_{170}$  у спортсменов отмечен на этапе ССМ (с 15-16 до 17-18 лет) с последующей его

стабилизацией. У исследуемых КГ значимое увеличение происходит от 13-14 до 15-16 лет (Рисунок 23А) и наблюдается до 19-21 года.

При выполнении физической работы в анаэробных условиях ИХР у хоккеистов максимально увеличивается в возрастном диапазоне от 15-16 до 17-18 лет, тогда как в КГ отмечено два возрастных периода значительного прироста: от 11-12 до 13-14 лет и от 17-18 лет до 19-21 года (Рисунок 23Б).

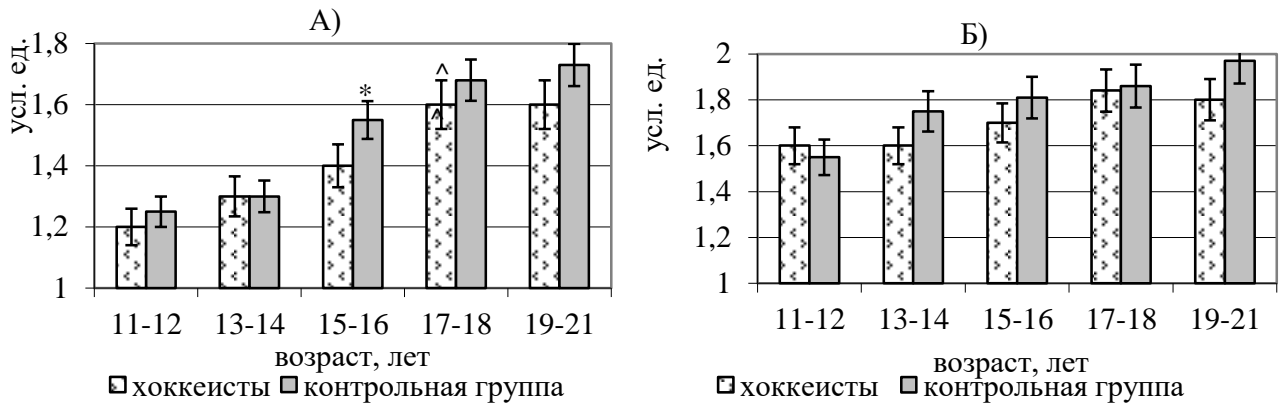


Рисунок 23 – Показатели индекса хронотропного резерва при выполнении аэробной (PWC<sub>170</sub>) (А) и анаэробной (W<sub>суб</sub>) (Б) физической нагрузки у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, усл. ед.

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : <sup>^</sup> – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

Сравнительный анализ ИИР хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, позволил выявить следующую закономерность: в группе спортсменов изменения данного показателя имеют волнообразный характер, тогда как в КГ происходит постепенное его увеличение от возраста к возрасту (Рисунок 24). У хоккеистов в возрасте 11-12 лет (этап СС, ПНС) в ответ на аэробную и анаэробную физическую нагрузку данный показатель не имеет достоверных различий. В возрастных группах 13-14 лет, 15-16 лет и 19-21 года увеличение ИИР в ответ на анаэробную физическую работу меньше, чем на аэробную (Рисунок 24).

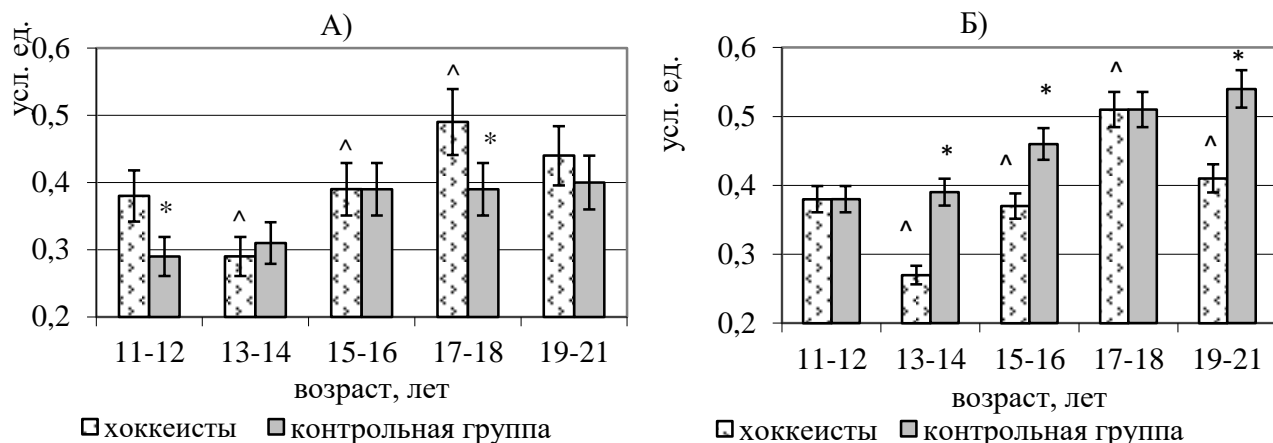


Рисунок 24 – Показатели индекса инотропного резерва при выполнении аэробной (PWC<sub>170</sub>) (А) и анаэробной (W<sub>суб</sub>) (Б) физической нагрузки у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, усл. ед.

Примечание: различия достоверны при  $p < 0,05$ : ^ – по отношению к предыдущей возрастной группе хоккеистов; \* - между хоккеистами и КГ

У спортсменов 17-18 лет наблюдаются наиболее высокие значения ИИР, как на аэробную, так и на анаэробную физическую нагрузку, тогда как в возрасте 13-14 лет – минимальные. Максимальный прирост ИИР отмечен с 15-16 до 17-18 лет [89]. У лиц, не занимающихся спортом, максимальный прирост инотропной функции сердца в ответ на аэробную физическую нагрузку происходит с 13-14 до 15-16 лет, на анаэробную в два периода – с 13-14 до 15-16 лет и с 15-16 лет до 17-18 лет (Рисунок 24). Инотропная функция сердца при выполнении физической нагрузки усиливается под влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Анализ данных позволил заключить, что у хоккеистов в возрасте 13-14 лет (этап СС, ПУС) и 19-21 года (этап ВСМ) выполнение физической нагрузки аэробной и анаэробной направленности осуществляется в большей степени за счет повышения хронотропной функции сердца. В возрастной группе 17-18 лет (этап ССМ, более 2-х лет) отмечается значительное увеличение инотропной и хронотропной функции сердца.

Для изучения биоэлектрической активности миокарда на предлагаемую дозированную физическую нагрузку проводилась запись ЭКГ непосредственно после окончания работы. Выявлено, что в ответ на физическую нагрузку

анаэробной направленности у спортсменов младших возрастных групп по данным ЭКГ в большем проценте случаев наблюдается благоприятная реакция (Таблица 11).

Таблица 11 – Реакция на физическую нагрузку по данным ЭКГ у хоккеистов 11-21 года, в %

Возраст, лет	ЭКГ-изменения	
	благоприятная	неблагоприятная
11-12	71	29
13-14	58	42
15-16	65	35
17-18	49	51
19-21	41	59

Обнаружена тенденция к снижению количества благоприятных реакций у хоккеистов с увеличением возраста, и в 19-21 год (этап ВСМ), она отмечается только у 41% спортсменов. С возрастом, также происходит увеличение количества неблагоприятных реакций по ЭКГ-изменениям и в ответ на физическую нагрузку анаэробной направленности [88].

В настоящее время выделяют две группы нарушений биоэлектрической активности миокарда: распространенные до 80% (АВ-блокада первой степени, синусовая брадикардия, ранняя реполяризация и др.) и нераспространенные (менее 5%) (увеличение левого предсердия, гипертрофия правого желудочка, удлиненный или укороченный интервал QT, желудочковые аритмии и др.). Считается, что нераспространенные ЭКГ-изменения должны подвергаться дальнейшему анализу для исключения возможных сердечно-сосудистых заболеваний [264, 108, 86, 33]. В нашем исследовании выявлено, что нарушения в биоэлектрической активности миокарда наблюдаются во всех возрастных группах при выполнении дозированной физической нагрузки и в условиях относительного покоя.

Обнаружено, что с возрастом прослеживается тенденция к увеличению активности симпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на физическую нагрузку, увеличиваются показатели АМо и ИН, уменьшаются ВР и

Мо (Таблица 12). Индекс напряжения в ответ на анаэробную физическую нагрузку у хоккеистов в возрасте 13-14 лет и 19-21 год выше, чем в 15-16 и 17-18 лет.

Таблица 12 – Показатели ( $M \pm m$ ) вегетативной регуляции сердечного ритма у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года после физической нагрузки анаэробной направленности

Возраст, лет	Группа	n	Показатели			
			Мо, с	АМо, %	ВР, с	ИН, усл. ед.
11-12	1	36	0,71±0,02	40,4±2,86	0,34±0,03	169,6±28,23
	2	45	0,52±0,02*	41,1±2,28	0,25±0,02	158,1±18,63
13-14	1	34	0,60±0,02^	58,0±4,53^	0,23±0,03^	748,6±84,82^
	2	42	0,56±0,02	49,5±2,84	0,24±0,03	186,9±24,91*
15-16	1	34	0,65±0,02	51,7±3,84	0,27±0,03	416,3±72,07
	2	42	0,52±0,02	50,1±2,80	0,21±0,03	229,8±31,84
17-18	1	37	0,65±0,02	53,8±2,43	0,15±0,02^	563,3±78,23
	2	41	0,54±0,02	51,3±3,15	0,20±0,03	236,3±33,69
19-21	1	31	0,56±0,03^	64,8±3,74^	0,13±0,02	964,6±156,63^
	2	39	0,55±0,02	56,1±3,42	0,19±0,02	268,2±37,73

Примечания: 1 – хоккеисты, 2 – лица, не занимающиеся спортом; достоверность при  $p < 0,05$ ; \* – достоверность различий между 1 и 2 группой; ^ – достоверность различий по отношению к предыдущей возрастной группе.

Индекс напряжения у лиц, не занимающихся спортом, увеличивается с возрастом, но значения его значительно ниже, чем у хоккеистов ( $p < 0,05$ ).

Максимальные значения прироста ИН в ответ на физическую нагрузку у хоккеистов наблюдаются на этапе ВСМ (19-21 год) (Рисунок 25), и являются более высокими, чем у их сверстников КГ ( $p < 0,05$ ).

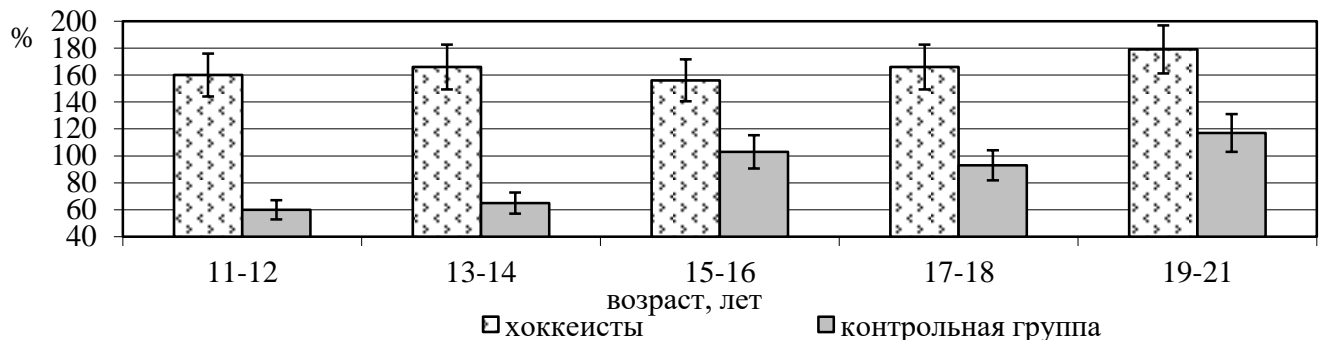


Рисунок 25 – Прирост индекса напряжения в ответ на анаэробную физическую нагрузку у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом, 11-21 года, %

У хоккеистов возрастных групп 11-12 и 15-16 лет наблюдается менее выраженная активность симпатического отдела ВНС в ответ на физическую нагрузку, по сравнению с другими возрастными группами ( $p < 0,05$ ). Вероятно, такие проявления регуляторных механизмов сердечного ритма в младших возрастных группах связаны с незрелостью нейрогуморальной регуляции адаптационных процессов.

### Резюме

Проведенное нами исследование позволило выявить особенности адаптации организма хоккеистов 11-21 года к физическим нагрузкам в сравнении со сверстниками, не занимающимися спортом. Выявлено, что развитие детей, подростков и юношей, независимо от уровня двигательной активности, подчиняется общебиологическим закономерностям у хоккеистов и лиц, не занимающихся спортом. При этом:

- показатели силы по данным кистевой динамометрии у хоккеистов выше, чем у сверстников, не занимающихся спортом, начиная с 15-16 лет, значения показателей становой динамометрии – с возраста 11-12 лет;

- хоккеисты превосходят лиц, не занимающихся спортом, по показателям функций внешнего дыхания и гипоксических проб, что обусловлено приспособлением к анаэробным условиям, возникающим во время игры, и увеличением доли анаэробных (скоростно-силовых) нагрузок в тренировках;

- с возрастом и увеличением стажа занятий у хоккеистов в условиях относительного покоя наблюдается снижение частоты сердечных сокращений и минутного объема крови, увеличение среднего артериального давления, пульсового давления и ударного объема крови. Тенденция изменения средних показателей всех видов артериального давления у хоккеистов разных возрастных групп не отличается от таковых показателей лиц, не занимающихся спортом, при этом происходит увеличение САД, ДАД и АД<sub>ср</sub>;

- в возрастном диапазоне от 11-12 лет до 19-21 года у хоккеистов формируется более экономичный режим функционирования сердечно-сосудистой системы за счет увеличения ОПСС, УПСС и снижения сердечного индекса;

- регуляция сердечного ритма при выполнении физической нагрузки имеет возрастные особенности и связана с процессами долговременной адаптации к напряженной мышечной деятельности.

## **ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И СОСТАВА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ХОККЕИСТОВ В СТРУКТУРЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ АДАПТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Согласно методическим рекомендациям по разработке научно-обоснованных модельных характеристик подготовки спортсмена по виду спорта, имеющих прикладное значение, при создании модели подготовки спортсмена важнейшим фактором, кроме прочих, является комплекс морфофункциональных признаков, характеризующих возрастную степень биологического развития индивидуума и уровень функциональной подготовленности организма [38, 2, 53, 112, 116, 25, 26, 60 и др.]. На этом основании, для выявления наиболее значимых критериев, определяющих структурные элементы специальной АФС хоккеистов, был проведен факторный и корреляционный анализ морфофункциональных показателей, полученных в пилотном и основном исследовании на каждом из этапов многолетней подготовки. В дальнейшем была разработана единая модель специальной АФС организма хоккеистов, формирующаяся по принципу гетерохронности и консолидации, с выделением ведущего компонента, которая обеспечивает долговременное приспособление в условиях многолетней спортивной подготовки.

Определение критериев морфофункционального состояния хоккеистов на каждом из этапов многолетней подготовки осуществлялась по основным структурным блокам в соответствии с поставленной целью исследования и реализацией задач:

- изучение основных показателей физического развития;
- изучение функционального состояния системы внешнего дыхания (в покое и при проведении гипоксических проб);
- определение функционального состояния ССС и вегетативной регуляции сердечного ритма по показателям кардиоинтервалографии и спектрального анализа в условиях относительного покоя;

- определение уровня аэробной и анаэробной физической работоспособности в пробе физической нагрузкой на велоэргометре;
- определение особенностей срочной адаптации сердечно-сосудистой системы к выполняемой физической нагрузке;
- определение темпов прироста основных показателей, характеризующих процесс долговременной адаптации к мышечным нагрузкам в хоккее;
- проведение факторного и корреляционного анализа в каждой возрастной группе, согласно этапам многолетней подготовки, для обоснования состава и значения морфофункциональных характеристик хоккеистов в структуре специальной АФС;
- составление шкал дифференцированной оценки основных показателей исследуемых систем;
- оценка полученных индивидуальных показателей спортсмена со среднегрупповой нормой в каждой возрастной группе (составление индивидуального профиля спортсмена);
- оценка эффективности адаптации на основании интеграции компонентов специальной АФС на каждом из этапов многолетней подготовки хоккеистов;
- разработка практических рекомендаций по оценке функционального состояния спортсменов.

Глава 4 посвящена обоснованию значений и состава морфофункциональных характеристик с позиции формирования специальной адаптивной функциональной системы организма хоккеистов в условиях многолетней подготовки.

#### **4.1. Факторный и корреляционный анализ наиболее значимых морфофункциональных показателей организма хоккеистов с позиции формирования специальной адаптивной функциональной системы на этапах многолетней подготовки**

Для выявления наиболее значимых из изучаемых показателей в условиях относительного покоя на этапах многолетней подготовки в исследуемой

возрастной когорте хоккеистов нами был проведен факторный анализ, целью которого явилось сокращение числа переменных.

Анализ полученных данных показал следующее: на этапе спортивной специализации (ПНС, 11-12 лет) у хоккеистов первую группу наиболее значимых факторов составили: 12 показателей физического развития, 10 переменных показателей, относящихся к дыхательной системе, 3 показателя центральной гемодинамики и 8 показателей, характеризующих уровень и особенности регуляции сердечного ритма. Доля общей дисперсии показателей первого фактора составляла 34,3%.

Для хоккеистов 13-14 лет (этап спортивной специализации, период углубленной специализации) было характерным выявление другого распределения значимости показателей, нежели в предыдущей группе. К первому по значимости фактору относятся 12 показателей физического развития, 7 переменных системы дыхания и 6 показателей сердечно-сосудистой системы. Общая доля дисперсии первого фактора составила 24,7%. Ко второму по значимости фактору, доля общей дисперсии которого составила 6%, были отнесены 5 показателей, характеризующих особенности ВРС.

В первый по значимости фактор в группе хоккеистов этапа совершенствования спортивного мастерства (до 2-х лет, 15-16 лет) входили 9 переменных, относящихся к физическому развитию, 4 показателя дыхательной системы и 2 показателя центральной гемодинамики. Доля общей дисперсии факторов составила 15,0%. Ко второму фактору, доля дисперсии которого составила 9,0%, были отнесены 8 показателей ВРС.

На этапе совершенствования спортивного мастерства у хоккеистов (свыше 2-х лет, 17-18 лет) первый по значимости фактор включал в себя 8 переменных, относящихся к физическому развитию. Доля их общей дисперсии составила 11,0%. Показатели сердечно-сосудистой системы, а также ВРС были отнесены ко второму по значимости фактору с долей дисперсии 9,1%.

Первый фактор в группе хоккеистов, находящихся на этапе высшего спортивного мастерства (19-21 год), имел долю общей дисперсии 10,4% и

включал в себя 9 показателей физического развития, тогда как ко второму по значимости фактору были отнесены показатели ВРС с долей дисперсии 7,9%.

Таким образом, становится очевидным, что количество значимых переменных с возрастом и переходом с этапа на этап в многолетнем тренировочном цикле уменьшается.

Для выявления характера и уровня взаимосвязей между изучаемыми показателями в состоянии относительного покоя с абсолютными и относительными показателями работоспособности (аэробной и анаэробной), а также аэробными возможностями хоккеистов нами был проведен корреляционный анализ. Всего было изучено 49 показателей, из которых 12 приходились на показатели физического развития, 12 – на систему внешнего дыхания, 11 – на показатели сердечно-сосудистой системы, 8 – на показатели variability ритма сердца, 6 – на работоспособность и МПК.

Установлено, что общее количество корреляционных взаимосвязей между изучаемыми показателями с возрастом и этапом подготовки спортсмена изменяется гетерохронно, достигая максимума к периоду начала пубертатного периода и минимума к 21 году. В процессе многолетней спортивной подготовки, происходит изменение структуры взаимосвязей между изучаемыми показателями, что свидетельствует о неоднозначном вкладе структурных функциональных элементов в обеспечение долговременной адаптации подростков и юношей к специфическим спортивным нагрузкам [70]. Так, в группе хоккеистов, находящихся на этапе спортивной специализации (период начальной специализации, 11-12 лет), общее количество корреляционных взаимосвязей между изучаемыми показателями в состоянии относительного покоя составило 464. Максимальное количество корреляционных взаимосвязей между показателями обнаружено у хоккеистов на этапе спортивной специализации, ПУС (13-14 лет) и составило 893. На последующих этапах многолетней подготовки число достоверных корреляционных связей имеет тенденцию к снижению: совершенствования спортивного мастерства до 2-х лет – 457, совершенствования

спортивного мастерства свыше 2-х лет – 527 и высшего спортивного мастерства – 378 (Таблица 13).

Таблица 13 – Количество межсистемных взаимосвязей у хоккеистов 11-21 года в условиях относительного покоя

Системы	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физическое развитие	93	165	143	80	113
Дыхательная система	133	248	147	83	109
Сердечно-сосудистая система	89	269	86	70	60
Вариабельность сердечного ритма	149	211	81	294	96
Общее количество взаимосвязей	464	893	457	527	378
Количество сильных взаимосвязей	76	258	99	84	96
КЭА	0,16	0,29	0,21	0,16	0,25

Во всех возрастных группах отмечалось наибольшее количество взаимосвязей с другими изучаемыми системами среди показателей физического развития, что определяет значимость их изучения и послужило критерием включения в систему шкалирования. Достоверно высокое количество корреляционных связей с показателями физического развития отмечено в группах хоккеистов 13-14 лет (165) и 15-16 лет (143). В других возрастных группах их количество варьирует от 80 до 113.

Анализ полученных корреляционных матриц показал усиление роли дыхательной системы в формировании специальной АФС хоккеистов 13-14 лет, что проявляется в увеличении частоты взаимодействий и силы корреляционных взаимосвязей данных показателей. Необходимо отметить, также некоторое повторное увеличение значимости данного компонента АФС, при последующей отрицательной динамике в возрасте 19-21 год. Наибольшее количество взаимосвязей в общей структуре, исходя из возрастных групп, то у хоккеистов 15-16 лет обнаружено самое большое количество взаимосвязей с показателями дыхательной системы.

Значимость показателей гемодинамики в условиях относительного покоя также варьирует с возрастом. Максимальное число корреляционных взаимосвязей с показателями ССС наблюдается в возрасте 13-14 лет, что характеризует пик

напряжения и адаптивных перестроек этой системы, минимальное – у хоккеистов 19-21 года. Показатели вегетативной регуляции сердечного ритма с другими изучаемыми системами наибольшее количество взаимосвязей образуют в возрастных группах 11-12 лет и 17-18 лет, также высокое их количество отмечается в возрасте 13-14 лет, что также, вероятно, отражает уровень напряжения в регуляции деятельности системы кровообращения (Таблица 13).

Увеличение коэффициента корреляции между показателями, сформированными в специальной АФС, сопровождающееся избыточной «жесткостью» взаимосвязей, указывает на наличие напряжения адаптационных механизмов и снижение возможности отдельных элементов системы включаться в новые функциональные связи [7, 64]. В своей работе М.В. Панков с соавт. [132] также отмечает, что количество корреляционных взаимосвязей между изучаемыми показателями уменьшается с возрастом, что находит подтверждение и в нашем исследовании. Полученные в корреляционном анализе данные, а также данные, представленные в главе 3, позволяют предположить, что увеличение количества корреляционных взаимосвязей между показателями в процессе адаптации организма к изменяющимся тренировочным условиям, а также возрастным изменениям растущего организма могут указывать на напряжение деятельности регуляторных механизмов.

На этом основании для оценки количественных и качественных взаимоотношений между изучаемыми морфофункциональными показателями в формируемой на различных этапах многолетней подготовки адаптивной функциональной системы хоккеистов нами был использован коэффициент эффективности адаптации (КЭА), отражающий отношение количества сильных ( $r \geq 0,7$ ) связей к числу общих. Увеличение КЭА свидетельствует о росте степени инертности и напряжения функционирования системы [17, 209, 64, 97, 98].

Анализ корреляционных матриц показал следующее: при изучении возрастных характеристик коэффициента эффективности адаптации наблюдается увеличение данного показателя к возрасту 13-14 лет (КЭА = 0,29) и затем к 19-21 годам (КЭА = 0,25) (Таблица 13). Полученные данные свидетельствуют о том, что

именно в эти возрастные промежутки организм испытывает значительное напряжение приспособительных систем (поиск путей адаптации), на что указывает большое количество межсистемных взаимосвязей. С другой стороны, наблюдается увеличение количества «сильных», или «жестких», взаимосвязей, которые ограничивают организм в этих процессах.

В связи с тем, что сердечно-сосудистая система является одной из ведущих систем в случае приспособления организма к физической работе, был осуществлен анализ КЭА, полученного при обработке корреляционных матриц показателей данной системы в условиях относительного покоя и после выполнения предложенной физической нагрузки. Выявлено, что у хоккеистов 13-14 лет КЭА (усл.ед.) сердечно-сосудистой системы в условиях относительного покоя выше, чем в других возрастных группах (Рисунок 26). Вероятно, в этом возрастном диапазоне отмечается наиболее выраженное напряжение в функционировании ССС юных хоккеистов в условиях относительного покоя. Увеличение КЭА (усл.ед.) на физическую нагрузку в возрасте 13-14 лет, а также в возрасте 15-16 и 17-18 лет незначительно, что может свидетельствовать об адекватной ответной реакции сердечно-сосудистой системы на выполняемую физическую нагрузку. В возрастных группах 19-21 год и 11-12 лет возрастание КЭА (усл.ед.) после выполнения физической нагрузки более выражено. Вышеуказанные явления позволяют сделать предположение о том, что, в данных возрастных группах функционирование сердечно-сосудистой системы в условиях предложенной физической нагрузки было затруднительно. Также, данная реакция может наблюдаться согласно правилу «исходного уровня» Уайлдера (чем ниже исходные показатели, тем более выражена реакция). Следующим этапом диссертационного исследования явилось определение корреляционных взаимосвязей между морфофункциональными показателями и структурным звеньями специальной АФС. Основными морфометрическими показателями являлись значения ДТ (см), МТ (кг), длины рук и ног, ОГК (см), а также показатели, отражающие силовые возможности кистей рук и спины, которые

обладали более высокими коэффициентами корреляции, что послужило основанием для включения их для расчета шкал дифференцированной оценки.

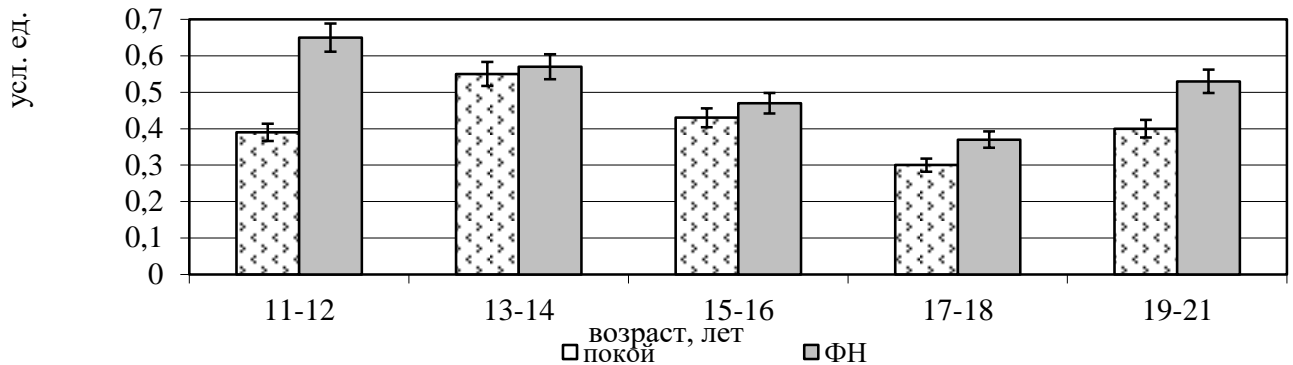


Рисунок 26 – Коэффициент эффективности адаптации сердечно-сосудистой системы в покое и после физической нагрузки у хоккеистов 11-21 года, усл. ед.

В Таблицах 14 и 15 представлено количество взаимосвязей между ДТ (см) и МТ (кг) с другими изучаемыми показателями хоккеистов от 11 до 21 года в условиях относительного покоя. Выявлено, что такой показатель, как МТ (кг), характеризующий один из основных параметров – физическое развитие, имеет значительные корреляционные взаимосвязи с показателями дыхательной и ССС, ВРС в возрастных группах 11-12 лет и 13-14 лет, на что указывают высокие коэффициенты корреляции и сила взаимосвязей со снижением к 17-18 лет годам (Таблица 14). Показатель ДТ (см), во всех возрастных группах достаточно хорошо коррелирует со значениями показателей физического развития и дыхательной системы, тогда как с показателями ССС имеются достоверные взаимосвязи только у хоккеистов 13-14 лет. Показатели ДТ (см) и ВРС коррелируют на достоверно значимом уровне в возрасте 17-18 лет (Таблица 15). Максимальное количество корреляционных связей показателей ВРС наблюдается в возрастной группе 13-14 лет.

При изучении корреляционных связей показателя окружности грудной клетки в покое с показателями других изучаемых систем выявлено, что в целом взаимодействие систем схоже с таковыми значениями МТ (см) (Таблицы 14, 16). В возрастной группе 17-18 лет достоверные связи ОГКп с показателями дыхательной системы отсутствуют, а в группе хоккеистов 19-21 год их всего 2 (с пробами Штанге и Генчи).

Таблица 14 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей массы тела (кг) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	Масса тела, кг				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	8	9	10	5	3
Дыхательной системы	6	8	7	3	1
Сердечно-сосудистой системы	4	5	-	2	-
Вариабельности сердечного ритма	3	2	-	1	-

Таблица 15 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей длины тела (см) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	Длина тела, см				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	5	7	8	4	2
Дыхательной системы	6	7	6	5	4
Сердечно-сосудистой системы	-	6	-	-	-
Вариабельности сердечного ритма	-	1	-	3	-

Таблица 16 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей окружности грудной клетки в покое (см) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	ОГК покой, см				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	4	9	6	4	4
Дыхательной системы	4	7	3	-	2
Сердечно-сосудистой системы	9	5	1	2	-
Вариабельности сердечного ритма	2	2	-	1	-

Анализ межсистемных корреляционных связей показателей внешнего дыхания представлен в таблицах 17-19. Выявлено, что ЧД образует во всех возрастных группах хоккеистов небольшое количество связей (Таблица 17). Наибольшее их число отмечается в возрастной группе 13-14 лет, причем в основном с показателями ССС, и они имеют слабую и среднюю силу (АДс  $r = -0,422$ , АДд  $r = -0,504$ , УО  $r = 0,506$ , МОК  $r = 0,435$ , ОПСС  $r = -0,503$ , УПСС  $r = -$

0,477). Взаимосвязь показателей жизненной емкости легких (Таблица 18) и минутной вентиляции легких (Таблица 19) хоккеистов 11-21 года в большей степени выражена с показателями физического развития и дыхательной системы. Следует отметить, что в возрастной группе 13-14 лет выявленные взаимосвязи чаще имеют большую «жесткость» ( $r \geq 0,7$ ).

Таблица 17 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей частоты дыхания (раз/мин) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	Частота дыхания, раз/мин				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	1	-	2	1	1
Дыхательной системы	1	3	1	3	1
Сердечно-сосудистой системы	3	6	-	3	3
Вариабельности сердечного ритма	-	1	-	-	3

Таблица 18 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей ЖЕЛ (л) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	ЖЕЛ, л				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	7	9	7	5	5
Дыхательной системы	8	7	7	3	3
Сердечно-сосудистой системы	2	4	1	-	1
Вариабельности сердечного ритма	1	1	-	3	-

Таблица 19 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей МВЛ (л) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	МВЛ, л				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	6	8	8	2	1
Дыхательной системы	4	8	5	6	5
Сердечно-сосудистой системы	2	7	2	-	10
Вариабельности сердечного ритма	2	3	-	1	3

Выявлено, что количество достоверно значимых корреляционных связей ЖЕЛ с показателями ССС и ее ВРС невелико (1-4) во всех исследуемых группах, тогда как МВЛ не образует значимых взаимосвязей с показателями сердечно-

сосудистой системы только у хоккеистов 17-18 лет, а с показателями variability сердечного ритма в группе 15-16 лет.

Частота сердечных сокращений образует незначительное количество внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей во всех возрастных группах хоккеистов (Таблица 20). Выраженность взаимосвязей ВРС возрастает в возрастные периоды 15-16 и 17-18 лет.

Значимость показателя УО (мл) и его взаимосвязь с показателями ФР у хоккеистов возрастает к этапу СС (ПУС) в возрасте 13-14 лет и затем к периоду ССМ (17-18 лет). Единичные взаимосвязи с показателями ВРС выявлены только в старших возрастных группах (Таблица 21).

При проведении корреляционного анализа обнаружено, что показатель МОК образует больше достоверных корреляционных связей у хоккеистов в возрасте 13-14 лет (этап СС, ПНС), что указывает на возрастание значимости ССС в формировании адаптивной функциональной системы. Так, 10 взаимосвязей приходится на показатели физического развития и по 5 – на показатели дыхательной и ССС (Таблица 22).

Таблица 20 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей ЧСС (уд/мин) в условиях относительного покоя

Показатели	ЧСС, уд/мин				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	-	2	1	-	-
Дыхательной системы	-	1	-	-	-
Сердечно-сосудистой системы	1	2	1	2	2
Вариабельности сердечного ритма	-	-	3	3	-

Таблица 21 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей УО (мл) в условиях относительного покоя

Показатели	УО, мл				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	-	9	-	4	-
Дыхательной системы	1	3	1	-	1
Сердечно-сосудистой системы	2	4	2	3	4
Вариабельности сердечного ритма	-	-	-	1	1

Таблица 22 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей МОК (л) в условиях относительного покоя

Показатели	МОК, л				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	3	8	2	1	2
Дыхательной системы	1	5	2	1	5
Сердечно-сосудистой системы	3	5	-	-	1
Вариабельности сердечного ритма	-	1	-	-	-

Количество внутри- и межсистемных корреляционных связей показателей ВРС представлено в Таблицах 23-29 (по показателям кардиоинтервалографии и спектральному анализу). Обнаружено, что гуморальная активность ССС по показателю Мо (усл.ед.) повышается в группах начиная с возраста 13-14 лет. В 11-12 и 13-14 лет гуморальная активность сопряжена с показателями физического развития (Таблица 23). При анализе корреляционных взаимосвязей показателя активности симпатического канала регуляции ритма сердца (АМо, %) выявлено, что он образует, в основном, внутрисистемные связи (Таблица 24), что, собственно, и обуславливает значимость в регуляции деятельности системы кровообращения активности симпатического отдела ВНС.

Таблица 23 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей Мо (с) в условиях относительного покоя

Показатели	Мо, с				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	3	7	-	-	-
Дыхательной системы	-	2	-	1	-
Сердечно-сосудистой системы	3	4	2	3	3
Вариабельности сердечного ритма	3	4	7	3	1

Таблица 24 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей АМо (%) в условиях относительного покоя

Показатели	АМо, %				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	3	-	-	-	-
Дыхательной системы	1	1	-	-	-
Сердечно-сосудистой системы	-	1	-	-	2
Вариабельности сердечного ритма	3	4	7	7	6

Показатель парасимпатической активности (ВР, усл.ед.) образует внутрисистемные связи с показателями во всех исследуемых группах, причем их количество с возрастом увеличивается (Таблица 25). Полученные данные свидетельствует о возрастании роли парасимпатического канала регуляции в управлении сердечным ритмом при формировании АФС и оптимизации ее деятельности у спортсменов. Роль *p.vagus* в регуляции сердечного ритма у хоккеистов возрастает особенно на этапе спортивной специализации (11-12 и 13-14 лет), что проявляется в увеличении количества и силы его взаимосвязи со всеми изучаемыми системами и физическим развитием.

Таблица 25 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей ВР (с) с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	ВР, с				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	5	2	-	-	-
Дыхательной системы	3	1	-	-	1
Сердечно-сосудистой системы	8	2	1	-	5
Вариабельности сердечного ритма	3	4	7	7	5

Показатели спектрального анализа ВРС образуют больше корреляционных взаимосвязей в старших возрастных группах (17-18 лет и 19-21 год) – этапы ССМ и ВСМ (Таблицы 26-29).

Таблица 26 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей ТР (мс<sup>2</sup>) в условиях относительного покоя

Показатели	ТР, мс <sup>2</sup>				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	3	1	-	3	2
Дыхательной системы	-	-	1	6	3
Сердечно-сосудистой системы	-	1	-	9	-
Вариабельности сердечного ритма	3	6	7	6	5

Таблица 27 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей HF ( $мс^2$ ) в условиях относительного покоя

Показатели	HF, $мс^2$				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	4	-	-	7	3
Дыхательной системы	4	2	1	5	7
Сердечно-сосудистой системы	-	1	-	11	8
Вариабельности сердечного ритма	3	3	7	6	4

Таблица 28 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей LF ( $мс^2$ ) в условиях относительного покоя

Показатели	LF, $мс^2$				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	1	-	-	2	2
Дыхательной системы	-	-	1	5	5
Сердечно-сосудистой системы	-	-	-	9	1
Вариабельности сердечного ритма	3	5	6	6	6

Таблица 29 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей VLF ( $мс^2$ ) в условиях относительного покоя

Показатели	VLF, $мс^2$				
	Возраст, лет				
	11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	-	11	-	4	2
Дыхательной системы	-	5	-	3	4
Сердечно-сосудистой системы	-	-	-	8	-
Вариабельности сердечного ритма	3	2	6	6	3

Выявлено, что уровень абсолютной аэробной ( $PWC_{170}$ ) и анаэробной ( $W_{суб}$ ) физической работоспособности, а также аэробных возможностей (МПК) имеет корреляционные взаимосвязи с большинством показателей основных систем организма в возрастных группах 11-12, 13-14 и 15-16 лет (Таблица 30; приложение А, таблицы 1-5). На этапах ССМ и ВСМ, в более старших возрастных группах (17-18 и 19-21 год) количество взаимосвязей снижается и может совсем отсутствовать (Таблица 30).

Анализ корреляционных матриц аэробной ( $PWC_{170}$ ) физической работоспособности с показателями ФР и основных систем организма хоккеистов в условиях относительного покоя позволил выявить разное количество и тесноту корреляционных связей. Так, на этапе спортивной специализации (ПНС, 11-12 лет) корреляционные связи  $PWC_{170}$  и  $W_{суб}$ , а также МПК с показателями физического развития хоккеистов имеют чаще всего средний (от 0,5 до 0,7) и высокий (от 0,7 до 0,9) уровень, с показателями ССС выявлены в основном слабые связи (от 0,3 до 0,5), а с показателями вегетативной регуляции сердечного ритма, напротив, – сильные ( $p > 0,7$ ) (приложение А, Таблица 1).

Таблица 30 – Корреляционная матрица, отражающая количество достоверных взаимосвязей абсолютного показателя  $PWC_{170}$  и  $W_{суб}$  с показателями других систем в условиях относительного покоя

Показатели	Физическая нагрузка	Возраст, лет				
		11-12 (n=36)	13-14 (n=34)	15-16 (n=34)	17-18 (n=37)	19-21 (n=31)
Физического развития	$PWC_{170}$	7	12	7	7	-
	$W_{суб}$	8	11	12	3	1
Дыхательной системы	$PWC_{170}$	6	6	6	3	2
	$W_{суб}$	5	7	5	3	-
Сердечно-сосудистой системы	$PWC_{170}$	3	9	2	5	-
	$W_{суб}$	1	8	2	1	-
Вариабельности сердечного ритма	$PWC_{170}$	8	7	-	5	2
	$W_{суб}$	8	7	-	8	1

Этап спортивной специализации (ПУС, 13-14 лет) отличается большим количеством сильных и средних корреляционных связей между изучаемыми показателями, в том числе и с уровнем аэробной и анаэробной работоспособности, а также с аэробными возможностями хоккеистов (приложение А, Таблица 2).

Этап совершенствования спортивного мастерства (до 2-х лет, 15-16 лет) и (свыше 2-х лет, 17-18 лет) характеризуются снижением числа сильных корреляционных связей и увеличением доли средних и слабых корреляционных связей между изучаемыми показателями (приложение А, Таблицы 3-4).

На этапе высшего спортивного мастерства (19-21 год) не выявлено достоверно значимых взаимосвязей с показателями ССС (приложение А, таблица 5). При этом уровень аэробной физической работоспособности имеет достоверно значимые слабые положительные связи с показателями РОвыд ( $r = 0,406$ ), ПТМвдоха ( $r = 0,375$ ), а с  $M_o$  отрицательную связь ( $r = - 0,390$ ). Индекс напряжения адаптивных систем (ИН, усл.ед.) дает среднюю связь с абсолютной аэробной работоспособностью ( $r = 0,525$ ). Абсолютные аэробные возможности, определяемые по МПК, имеют среднюю взаимосвязь с ВР, усл.ед. ( $r = 0,549$ ) и слабую отрицательную с HF% ( $r = -0,407$ ), а также слабые положительные связи с РОвд ( $r = 0,431$ ) и результатами пробы Штанге ( $r = 0,383$ ).

Таким образом, проведенный анализ корреляционных матриц показателей физического развития, основных систем организма, обеспечивающих физическую работоспособность хоккеистов, позволил нам выявить наиболее значимые на различных этапах многолетней подготовки с позиции долговременной адаптации к физическим нагрузкам.

#### **4.2. Особенности морфофункционального состояния хоккеистов, определяющие модельные характеристики специальной адаптивной функциональной системы на разных этапах многолетней подготовки**

В возрастной педагогике и физиологии изучены и разработаны нормы физического развития, дыхательной и сердечно-сосудистой систем для здоровых, не занимающихся спортом школьников [187, 156 и др.]. Между тем, недостаточно сведений о комплексной оценке морфофункционального состояния организма спортсменов, в частности, хоккеистов, и они являются разрозненными, что побудило нас к научному поиску в этом направлении и определило частную задачу исследования.

Для обоснования количественного и качественного состава специальной АФС организма хоккеистов в процессе многолетней подготовки на основании корреляционного анализа среди изученных показателей были выявлены наиболее

значимые для каждой возрастной группы и составлены шкалы дифференцированной оценки показателей, более часто попадающих в разряд значимых. Шкалы нормировались по пятибалльной шкале с коэффициентом сигмы 0,5 по В.М. Зациорскому [162] и имели следующие уровни: «высокий», «выше среднего», «средний», «низкий», «ниже среднего».

Для оценки основных показателей физического развития хоккеистов нормированы следующие: масса и длина тела, ОГК в покое, длина ноги и руки (приложение Б, таблица 1). Данные показатели имеют большое значение для обеспечения специфической игровой деятельности хоккеистов. Оценка показателей силовых возможностей предлагается проводить по кистевой динамометрии обеих рук и становой динамометрии (приложение Б, таблица 2).

Большая часть тренировочного времени хоккеистов проходит на льду, в условиях пониженных температур, что обуславливает приспособление системы дыхания к этим внешним факторам [242, 249]. В исследованиях J.D. Leuppi с соавт. (1998) и A. Lumme с соавт. (2003) отмечается, что у элитных хоккеистов наблюдаются проблемы с дыхательной системой, проявляющиеся в воспалении дыхательных путей, гиперреактивности бронхов и астмы. Кроме того, лимитирующими факторами в достижении высокого уровня физической работоспособности могут являться нарушения со стороны функции внешнего дыхания и служить неблагоприятными факторами в развитии патологий сердечно-сосудистой системы. Немаловажное значение для хоккеистов, в связи с особенностями игровой деятельности, имеют и анаэробные возможности, по которым можно косвенно оценить об устойчивости к гипоксии. На этом основании, а также с учетом данных факторного анализа, результаты гипоксических проб и шкалы их оценки представлены в приложении Б в Таблице 3. Среди наиболее значимых показателей системы внешнего дыхания предлагается использовать следующие показатели: ЧД (кол-во), ЖЕЛ (л), МВЛ (л/мин), МОД (л/мин) (приложение Б, таблица 4).

Шкалы оценки показателей ССС, а также ВРС, как критериев регуляции сердечной деятельности в условиях относительного покоя представлены в приложении Б (Таблицы 5, 7).

Уровень физической работоспособности спортсменов принято исследовать с помощью функциональных проб. Оценка аэробной и анаэробной физической работоспособности хоккеистов необходимо осуществлять по абсолютным или относительным показателям, которые позволяют определить ее уровень с учетом массы тела спортсмена (приложение Б, Таблица 6). Для нормирования аэробных возможностей хоккеистов шкалы дифференцированной оценки содержат критерии оценки абсолютных и относительных показателей МПК (приложение Б, Таблица 8).

Для определения уровня функционирования специальной АФС была разработана балльная система оценки, включающая показатели, отражающие модельные характеристики хоккеистов и оцениваемая по следующим критериям:

- неудовлетворительный, включающий оценки «низкий» и «ниже среднего», которые оцениваются в 1 и 2 балла соответственно;
- удовлетворительный – оценка «средний», оценивается в 3 балла;
- оптимальный уровень – оценки «выше среднего» и «высокий», оцениваются в 4 и 5 баллов соответственно.

Общая оценка уровня функционирования специальной АФС спортсмена складывалась из суммы баллов по предложенным показателям (Таблица 31).

В качестве примера на Рисунке 27 приведен профиль хоккеиста 11 лет, обучающегося на этапе спортивной специализации, период начальной специализации, который в настоящее время играет в одной из команд континентальной хоккейной лиги, и его сверстника, не занимающегося спортом. Для построения индивидуальных профилей использовались предложенные нами шкалы дифференцированной оценки, позволяющие определить уровень морфофункционального состояния и физической работоспособности (приложение Б, Таблицы 1-8). Определение уровня морфофункционального состояния организма и физической работоспособности проводилось по Таблице 31. В

качестве примера, можно привести следующий: хоккеист Ш-ев был обследован первично в возрасте 11 лет. Его данные накладывались на среднегрупповой профиль хоккеистов соответствующего возраста, и была проведена оценка функционального состояния организма по предложенной нами схеме. Исходя из полученных результатов, хоккеист набрал по показателям физического развития 17 баллов, по силовым возможностям – 12 баллов, по показателям дыхательной системы – 10 баллов, по гипоксическим пробам – 8 баллов, по показателям сердечно-сосудистой системы и ее вегетативной регуляции – 38 баллов, физической работоспособности и аэробных возможностей – 10 баллов. Общая сумма, набранная по всем предложенным параметрам, составила 95 баллов, что соответствует оптимальному функциональному уровню. Таким образом, у данного спортсмена выявлено оптимальное функциональное состояние по показателям физического развития, силовых возможностей, гипоксических проб, аэробных возможностей и сердечно-сосудистой системы, тогда как по показателям физической работоспособности и дыхательной системы – удовлетворительный уровень (Рисунок 27). Для сравнения уровней функционального состояния хоккеиста и сверстника, не занимающегося спортом, были построены их индивидуальные профили. В результате оценки всех предложенных показателей определено, что его функциональное состояние соответствует удовлетворительному уровню, так как было набрано 69 баллов. Следует отметить, что только при оценке показателей ССС у данного подростка был выявлен оптимальный уровень, устойчивость к гипоксии оценена как удовлетворительная, по всем остальным параметрам оценка была неудовлетворительная. Исходя из данных, представленных на Рисунке 27, можно заключить, что показатели функционального состояния хоккеиста 11 лет значительно отличаются от показателей подростка, не занимающегося спортом, и от среднегрупповых значений шкал дифференцированной оценки по показателям хоккеистов такого же возраста.

Таблица 31 – Комплексная дифференцированная оценка морфофункционального состояния организма и физической работоспособности хоккеистов 11-21 года

Показатели	Функциональный уровень		
	Неудовлетворительный	Удовлетворительный	Оптимальный
1. Длина тела, см	1-2	3	4-5
2. Масса тела, кг	1-2	3	4-5
3. Длина руки, см	1-2	3	4-5
4. Длина ноги, см	1-2	3	4-5
5. ОГК покой, см	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов по физическому развитию</b>	<b>5-10</b>	<b>11-15</b>	<b>16-25</b>
1. Динамометрия правой руки, кг	1-2	3	4-5
2. Динамометрия левой руки, кг	1-2	3	4-5
3. Становая динамометрия, кг	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов силовых возможностей</b>	<b>3-6</b>	<b>7-9</b>	<b>10-15</b>
1. Частота дыхания, кол-во/мин	1-2	3	4-5
2. ЖЕЛ, л	1-2	3	4-5
3. МОД, л/мин	1-2	3	4-5
4. МВЛ, л/мин	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов дыхательной системы</b>	<b>4-8</b>	<b>9-12</b>	<b>13-20</b>
1. Проба Штанге, с	1-2	3	4-5
2. Проба Генчи, с	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов гипоксических проб</b>	<b>2-4</b>	<b>5-6</b>	<b>7-10</b>
1. ЧСС, уд/мин	1-2	3	4-5
2. АД <sub>ср</sub> , мм. рт. ст.	1-2	3	4-5
3. УО, мл	1-2	3	4-5
4. МОК, л	1-2	3	4-5
5. ДП, усл. ед.	1-2	3	4-5
6. Мо, с	1-2	3	4-5
7. АМо, %	1-2	3	4-5
8. ВР, с	1-2	3	4-5
9. ТР, мс <sup>2</sup>	1-2	3	4-5
10. НФ, мс <sup>2</sup>	1-2	3	4-5
11. LF, мс <sup>2</sup>	1-2	3	4-5
12. VLF, мс <sup>2</sup>	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов CCC</b>	<b>12-24</b>	<b>25-36</b>	<b>37-60</b>
1. PWC <sub>170</sub> /кг, кгм/мин	1-2	3	4-5
2. W <sub>св</sub> /кг, кгм/мин	1-2	3	4-5
3. МПК/кг, мл/мин/кг	1-2	3	4-5
<b>Сумма баллов работоспособности и аэробных возможностей</b>	<b>3-6</b>	<b>7-9</b>	<b>10-15</b>
<b>Общая оценка (сумма баллов)</b>	<b>29 - 58</b>	<b>59 - 87</b>	<b>88 - 145</b>

Показатели	Оценка				
	низкий	ниже среднего	средний	выше среднего	высокий
Масса тела, кг		△	*		
Длина тела, см		△		*	
Длина руки, см		△		*	
Длина ноги, см	△		*		
ОГК покой, см		△	*		
Динамометрия правой руки, кг		△			*
Динамометрия левой руки, кг		△		*	
Становая динамометрия, кг	△		*		
Частота дыхания, кол-во/мин		*	△		
ЖЕЛ, л		△	*		
МОД, л	△	*			
МВЛ, л		△	*		
Проба Штанге, с			△	*	
Проба Генчи, с			△	*	
ЧСС, уд/мин		*	△		
АДср, мм. рт. ст.			△	*	
УО, мл			△	*	
МОК, л			△	*	
ДП, усл. ед.		*		△	
Мо, с		△	*		
АМо, %		*			△
ВР, с		△		*	
ТР, мс <sup>2</sup>			△	*	
НФ, мс <sup>2</sup>			△	*	
LF, мс <sup>2</sup>			*	△	
VLF, мс <sup>2</sup>			*	△	
PWC <sub>170</sub> /кг, кгм/мин/кг	△		*		
W <sub>суб</sub> /кг, кгм/мин/кг	△		*		
МПК, мл/мин/кг	△		*		

Рисунок 27 – Профили дифференцированной оценки морфофункционального состояния и физической работоспособности хоккеиста, обучающегося на этапе СС и сверстника, не занимающегося спортом

Примечание: \* – хоккеист 11 лет III-ев, в настоящее время играющий в континентальной хоккейной лиге (КХЛ) и профиль подростка, не занимающегося спортом – △.

Хотелось бы отметить, что, используя в качестве прогноза такой подход, можно судить о перспективности данного игрока. Проследив путь «спортивных успехов» исследуемого до нынешнего времени, мы выяснили, что наш прогноз

оказался правильным, поскольку данный игрок в настоящее время выступает за КХЛ в известной команде [98]. Таким образом, данный подход к определению состояния специальной АФС организма спортсмена с использованием шкал дифференцированной оценки функционального состояния и физической работоспособности позволяет грамотно подойти к определению перспективности игрока и оптимизировать тренировочный процесс с целью достижения высоких спортивных результатов. Спортсменам с уровнем развития силовых возможностей, оцениваемым как «неудовлетворительный», рекомендуется в тренировочном процессе уделять больше времени на упражнения, способствующие развитию силы. Хоккеистам, у которых функциональное состояние системы внешнего дыхания и гипоксических проб расценивается по предложенным шкалам как «неудовлетворительное», рекомендуется: осмотр врача-специалиста с целью выявления наличия или отсутствия заболеваний дыхательных путей, в том числе хронических; использование в тренировочных занятиях большего количества упражнений, направленных на развитие как аэробных, так и анаэробных возможностей; проведение дыхательной гимнастики для развития дыхательной мускулатуры на тренировках и дома. Хоккеистам с «неудовлетворительным» уровнем функционального состояния системы кровообращения рекомендуется консультация кардиолога и прохождение дополнительного медицинского обследования (ЭХОКГ).

Поскольку одной из важнейших задач науки является кумуляция знаний, был обоснован уровень сформированности специальной АФС, обеспечивающей адаптацию организма при занятиях хоккеем на различных этапах многолетней подготовки с позиции системогенеза и структурных элементов, которые эту систему составляют (морфофункциональные характеристики). Периодами оптимального состояния специальной АФС считались периоды, которые характеризуются лимитированным количеством общих и сильных (жестких) корреляционных взаимосвязей. Критериальным показателем, определяющим степень зрелости функциональной системы, является коэффициент

эффективности адаптации (КЭА), характеризующий количественную долю сильных взаимосвязей в структуре корреляционной матрицы.

На этапе спортивной специализации (период начальной специализации, 11-12 лет) сформированность специальной АФС определена следующими морфофункциональными характеристиками: мезомоморфия, более ранний прирост длины тела, высокие значения МОД, устойчивость к гипоксии по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Неблагоприятными факторами являются: проявление нарушений биоэлектрической активности миокарда по данным ЭКГ в условиях относительного покоя при высоком проценте благоприятных реакций на дозированную физическую нагрузку. Адаптивная функциональная система, обеспечивающая долговременную адаптацию на этом этапе, включает взаимодействующие между собой наиболее значимые факторы с общей долей дисперсии 34,3%: 12 показателей физического развития, 10 переменных, относящихся к дыхательной системе, 3 показателя центральной гемодинамики и 8 показателей, отражающих регуляцию сердечного ритма. КЭА свидетельствует об оптимальном уровне функционирования ФС [71].

На этапе спортивной специализации, период углубленной специализации (13-14 лет) основными критериями, определяющими эффективность спортивной деятельности, являются увеличение обхватных размеров грудной клетки с последующим повышением функциональных возможностей дыхательной системы, в том числе бронхиальной проходимости, устойчивости к гипоксии; прирост массы тела с увеличением силовых показателей; высокие темпы прироста показателей системы кровообращения и начала перехода регуляции ВРС на автономный уровень; начало формирования гипокинетического типа кровообращения [71].

Функциональная система, обеспечивающая адаптацию к интенсивным мышечным нагрузкам (АФС), содержит 12 показателей физического развития, 7 переменных системы дыхания и 6 показателей сердечно-сосудистой системы, с общей долей дисперсии – 24,7%, что проявляется недостаточной эффективностью адаптации (КЭА – 0,29 усл. ед.) и указывает на напряжение ФС. Необходимо

отметить, что именно на этом этапе перед спортсменами ставятся серьезные задачи: развитие специальных двигательных способностей и технико-тактических приемов, обучение основам группового взаимодействия в команде, а возраст 13-14 лет с позиции возрастной физиологии является «критическим» (препубертат – пубертат) [71].

Этап совершенствования спортивного мастерства (до 2-х лет, 15-16 лет), характеризуется устойчивостью специальной АФС. Структурно-функциональные показатели миокарда (морфометрические) приближаются к показателям взрослых лиц, при этом еще не наблюдается высокого прироста массы тела, наряду с высокими показателями длины тела. Увеличивается количество хоккеистов, имеющих гипокинетический тип кровообращения. Уровень относительной анаэробной работоспособности на данном этапе многолетней подготовки самый высокий. В первый по значимости фактор ФС включается 9 переменных, относящихся к физическому развитию, 4 показателя дыхательной системы и 2 показателя центральной гемодинамики, с общей долей дисперсии 15,0%. КЭА составляет 0,21 усл. ед. [71, 96, 97].

Этап совершенствования спортивного мастерства (свыше 2-х лет, 17-18 лет) также является оптимальным по уровню функционирования специальной АФС (КЭА – 0,16). Первый по значимости фактор включал в себя 8 переменных, относящихся к физическому развитию. Доля их общей дисперсии составила 11,0%. Основной задачей этого этапа многолетней подготовки является – повышение уровня спортивного мастерства, повышение стабильности демонстрации высоких спортивных результатов. Морфофункциональными критериями специальной АФС являются: максимальные относительные значения аэробной физической работоспособности; увеличение МПК; высокий прирост длины и массы тела, увеличение дыхательных объемов и устойчивости к гипоксии. Между тем, наблюдается напряженный вегетативный баланс, значительное увеличение инотропной функции сердца при выполнении аэробной и анаэробной физической нагрузки [71].

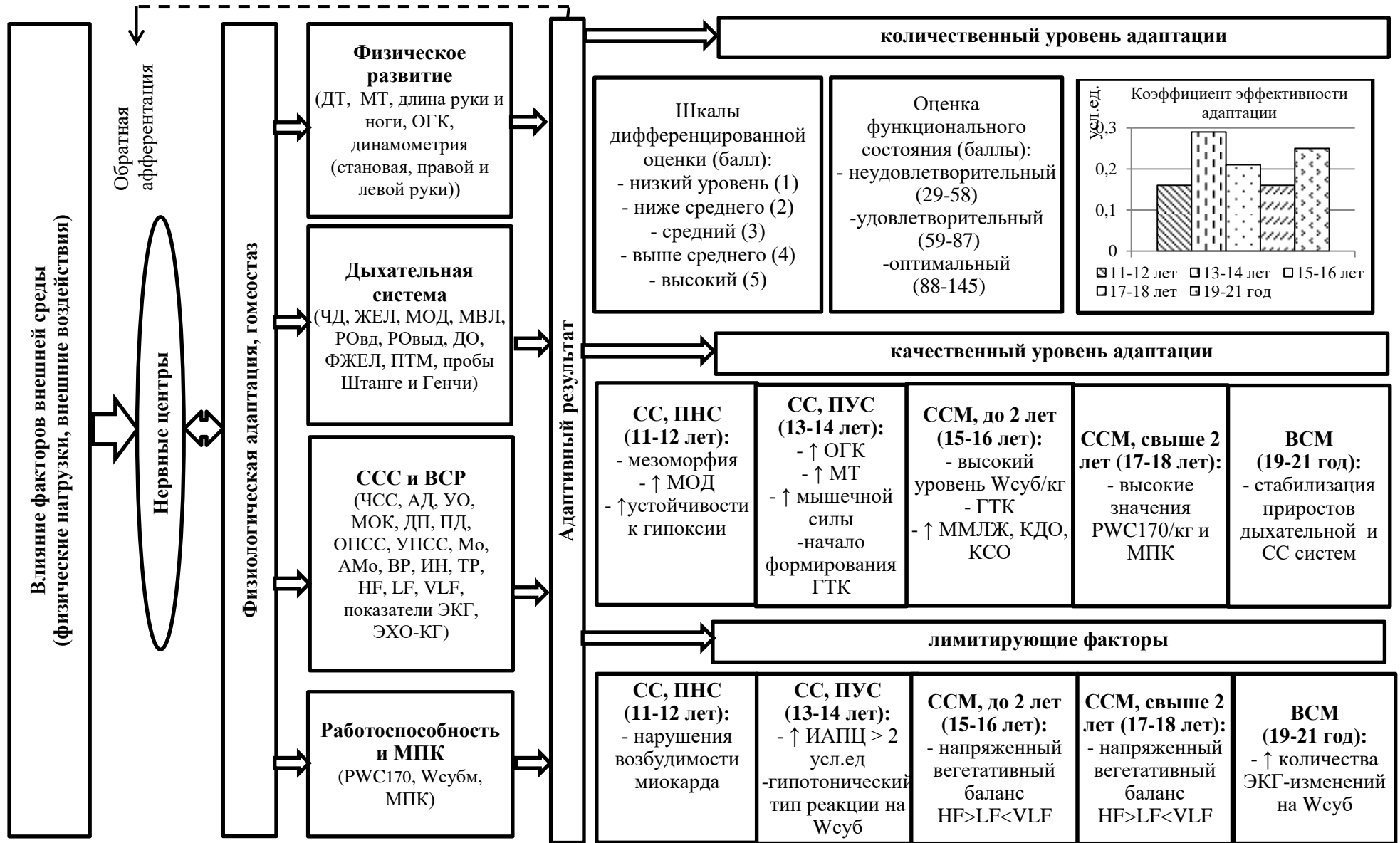


Рисунок 28 – Модель специальной адаптивной функциональной системы хоккеистов (Примечание: ↑ - увеличение)

На этапе высшего спортивного мастерства (19-21 год) формирование специальной АФС лимитируется лишь 9 показателями физического развития с долей общей дисперсии 10,4% и определяется малым количеством корреляционных взаимосвязей и увеличением их силы («жесткости»). КЭА – 0,25 усл. ед. Задача этого этапа – достижение спортсменом уровня спортивных сборных команд, поэтому в этом возрасте для спортсмена большую роль играет мотивационно-волевой компонент, высокий уровень здоровья и высокий уровень физической и функциональной подготовленности [71, 96, 97].

На основании вышеизложенного, нами была предложена структура специальной адаптивной функциональной системы хоккеистов в условиях многолетней подготовки [98] (Рисунок 28).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время в литературных источниках достаточно широко представлены сведения об особенностях адаптации систем организма спортсменов с различной направленностью мышечной деятельности. Большинство исследований охватывает вопросы изучения возрастных закономерностей, либо касается специфики вида спорта. Ведущими специалистами в области спортивной медицины и спортивной физиологии, спортивной подготовки доказано, что при рациональном построении многолетнего тренировочного процесса необходимо учитывать множество факторов: физическое развитие, функциональные возможности, сенситивные периоды развития двигательных качеств и другие [221, 38, 39, 217, 40, 258, 20]. Между тем существует потребность в получении знаний о механизмах формирования и особенностях морфофункциональных изменений на каждом из этапов многолетней подготовки с учетом задач тренировочного процесса.

При анализе отечественной и зарубежной литературы обнаружено, что в процессе онтогенеза происходят значительные перестройки всех структур организма для приспособления к переходу из одного возрастного периода в другой и поддержания гомеостаза. При этом наблюдается определенная гетерохронность в этих структурных перестройках. В онтогенезе человека существуют периоды наиболее чувствительные к действию факторов внешней среды, в том числе и к мышечным нагрузкам, различным по объему, интенсивности и направленности. Такие периоды связаны с уровнем взросления и характеризуются определенными особенностями в работе функциональных систем организма [164, 147, 66, 20 и др.]. Высокие физические нагрузки, которые присутствуют в любом виде спорта, могут либо повысить функциональные возможности организма, либо привести к дезадаптации, которая проявляется, в том числе, явлениями перетренированности.

Подготовка хоккеистов высокой квалификации длительный и сложный процесс [122, 148, 87, 183, 120, 145]. Набор детей на этап начальной подготовки

осуществляется в достаточно раннем возрасте (8 лет). По мнению S. Black et al. [220], акцент на хоккейных навыках необходим в возрасте от 12 до 16 лет, до 12 лет ранняя спортивная специализация не является необходимостью для достижения спортивного успеха в профессиональном хоккее. Кроме того, многолетняя подготовка проходит в условиях высокой конкуренции, поэтому добиваться высоких побед следует за счет минимальной физиологической «цены», с сохранением здоровья спортсмена.

Известно, что процессы адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам различной интенсивности также осуществляются за счет изменения функционального состояния различных систем организма [2, 16, 40, 213, 231, 222, 26, 60, 252 и др.], и, как уже было сказано выше, эти процессы гетерохронны и стадийны. Следовательно, при подготовке спортсменов разных видов спорта, в том числе и хоккеистов, на каждом этапе многолетнего тренировочного процесса требуется комплексная оценка как физического развития, так и функциональных возможностей организма для своевременной коррекции тренировочной программы, восстановительных мероприятий, мониторинга состояния здоровья [85, 87, 84, 222, 83, 220, 258, 272, 137, 256, 236, 268].

По мнению ряда авторов, стадии адаптации характеризуются тремя параметрами: уровнем функционирования системы, степенью напряжения регуляторных механизмов и функциональным резервом [9, 10, 6, 65, 66 и др.]. При анализе научно-методической литературы нами выявлено, что в настоящее время недостаточно проработанными являются вопросы комплексной оценки морфофункционального состояния организма хоккеистов 11-21 года, как в условиях относительного покоя, так и при выполнении дозированной физической нагрузки, которые имеют актуальность при спортивном отборе и коррекции тренировочного процесса, особенно в процессе многолетней подготовки. Поэтому исследования в этой области являются актуальными и необходимыми для осуществления грамотного тренировочного процесса.

Известно, что в любом виде спорта существует морфологическая модель спортсмена, которая является основой для его успешности в избранном виде

спорта [2, 154, 53]. Показатели длины и массы тела являются достаточно информативными при их использовании для оценки изменения морфологических показателей спортсмена при занятиях спортом [217, 40, 257, 172, 83, 20]. В работе Т.В. Потаповой с соавт. [138] указывается на тот факт, что пик возрастного увеличения длины тела и интенсивность скелетного созревания не зависят от регулярных физических нагрузок. Отмечено, что дети и подростки, имеющие регулярные физические нагрузки, превосходят по показателям физического развития сверстников, не занимающихся спортом [160, 199, 189, 267, 268].

Физическое развитие, отражающее процессы роста и развития организма, является одним из важнейших критериев отбора спортсменов, особенно в подростковом и юношеском возрасте, когда происходит формирование организма [38, 258, 127, 267, 268, 190 и др.]. Во время игры в современном хоккее с шайбой достаточно большое значение для спортсменов имеет физическое развитие, которое учитывается при их отборе в команды [131, 224, 272]. В работах ряда авторов указывается на то, что показатели массы и длины тела хоккеистов связаны с их игровым амплуа [271, 255, 153, 2, 131, 216, 224 и др.], а также с уровнем квалификации спортсменов [272]. Кроме того, встречается достаточное количество работ, посвященных разработке нормативных критериев оценки физического развития школьников, подростков и юношей, не занимающихся спортом [185, 23, 147, 13 и др.], а также спортсменов, занимающихся различными видами спорта [37, 160, 154, 258, 267 и др.]. Между тем, необходимо отметить, что несмотря на существующие критерии оценки физической, технической и функциональной подготовленности хоккеистов [136, 267, 120, 183, 23 и др.], исследования, касающиеся параметров оценки морфофункционального состояния, носят фрагментарный характер и охватывают не все возрастные группы данной категории спортсменов [211, 212, 213, 75, 52, 257, 55, 241, 242, 127, 84, 195, 215, 224, 236, 59, 60, 165-168 и др.].

В процессе подготовки диссертационной работы получены данные, свидетельствующие о том, что среднегрупповые показатели ДТ (см) и МТ (кг) хоккеистов 11-16 лет выше нормативных физиологических значений для

подростков данного возраста, что согласуется с результатами, полученными Т.Ф. Абрамовой с соавт. [2], М.И. Рахимова [143], В.В. Эрлиха с соавт. [208]. Однако хоккеисты 16-28 лет, обследованные М.В. Панковым [131, 132], несколько превосходят по длине и массе тела хоккеистов 17-21 года, участвовавших в нашем исследовании.

В ряде научных работ указывается на то, что уровень морфофункциональных показателей подростков одного и того же паспортного возраста различается в зависимости от темпов полового созревания [13, 268]. Очевидно, что существуют общие закономерности роста и развития, а также индивидуальные особенности, которые определяются рядом факторов: генетическими, темпом биологического созревания, началом пубертатного периода и влиянием внешней среды. В детско-юношеском спорте габаритные размеры тела позволяют проводить спортивный отбор и подбирать адекватные методы, средства и объемы тренировочных нагрузок. Так, в работах В.П. Губа с соавт. [40] указывается на то, что у мальчиков от 7 до 12 лет среднегодовой относительный прирост длины тела составляет 10-11%, массы тела – 8-11% и окружности грудной клетки – 10-10,5%. Т.Ф. Абрамовой с соавт. [2] установлено, что у хоккеистов 13 лет наблюдается некоторая задержка биологического созревания при нормальной или повышенной длине тела. В ряде исследований показано, что в возрасте 13-15 лет отмечаются существенные различия по типам роста и развития: примерно 60-65% мальчиков имеют нормальный уровень физического развития и 35-40% относятся к акселератам и ретардантам [2, 40, 20]. Нами выявлено, что максимальное увеличение продольных размеров, длины и массы тела у хоккеистов происходит с 11 до 16 лет (на 21-22% и 6,6-6,7% соответственно). Поперечные размеры, в частности, окружность грудной клетки, интенсивно увеличиваются с 11 до 18 лет.

Имеется достаточное количество научных и научно-методических работ, в которых отражены сведения о развитии мышечной системы детей и подростков [76-80, 170, 20], при этом в части исследований таковой у хоккеистов крайне недостаточно [250, 251, 131, 266]. Одним из простых, надежных и эффективных

способов оценки мышечной силы является динамометрия. Силовые возможности человека зависят от возраста, пола, композиционного состава тела, уровня тренированности. Подростки, тренирующиеся в различных видах спорта, имеют показатели силы выше, чем их сверстники, не занимающиеся спортом [266]. С наступлением пубертатного периода у подростков повышаются силовые возможности, так как уровень их развития взаимосвязан со зрелостью нервно-мышечной системы [138, 20]. Это связано с ростом мышечной массы под влиянием половых гормонов и гормона роста. В исследованиях Y. Sekine et al. [258] отмечается, что рост мышц активно происходит с 13 до 17,5 лет, и в этот возрастной период относительная мышечная масса у мальчиков увеличивается с 46% до 54%. Сенситивные периоды развития силы у мальчиков, по мнению В.П. Губа с соавт. [40], приходятся на периоды с 13 до 14 лет и с 16 до 17 лет, более активный прирост мышечной силы происходит с 12 до 15-16 лет. В работе А.С. Самсыкина [149] указывается, что наиболее высокие темпы прироста силовых и скоростно-силовых качеств у хоккеистов наблюдаются в возрастной период от 13 до 15 лет.

При изучении морфотипологических данных хоккеистов различного возраста и этапа многолетней подготовки выявлено, что у хоккеистов максимальное увеличение силы кистей рук приходится на этап спортивной специализации (ПУС) и этап совершенствования спортивного мастерства (возраст с 13-14 до 15-16 лет), тогда как сила мышц спины увеличивается в возрастном периоде с 11 до 16 лет. Данные динамометрии хоккеистов в возрасте 10-16 лет, полученные Т. Toong et al. [266], в целом имеют несколько более высокие значения, нежели те, которые получены нами. Авторы отмечают зависимость силы хвата рук от возраста, массы тела и уровня тренированности спортсменов. В старших возрастных группах (от 17 до 21 года) показатели силовых возможностей (кистевая и станочная динамометрия) находятся в пределах, которые показывают высококвалифицированные хоккеисты [131, 132]. По мнению J.A. Potteiger с соавт. [254], развитие мышечной массы тесно взаимосвязано с уровнем аэробной и анаэробной производительности

спортсменов. Таким образом, увеличение мышечной силы у хоккеистов в целом соответствует общебиологическим нормам развития организма. Однако показатели мышечной силы рук и спины у хоккеистов выше, чем у лиц, не занимающихся спортом, что подтверждается нашими исследованиями. Сравнительный анализ показал, что наибольший прирост абсолютных силовых показателей кистевой динамометрии наблюдается с 13-14 до 15-16 лет независимо от уровня двигательной активности. Мы обнаружили, что у хоккеистов прирост данного показателя выше и составляет 54% и 51% для правой и левой руки, у подростков, не занимающихся спортом, – 46% и 32% соответственно. Абсолютные и относительные силовые показатели мышц спины значительно увеличиваются на этапе спортивной специализации (от 11-12 до 13-14 лет) и на этапе ССМ (с 13-14 до 15-16 лет).

Одной из важнейших систем организма человека, участвующих в адаптации к различным видам деятельности, является дыхательная система. Известно, что занятия спортом связаны с респираторной адаптацией и ее степенью, которая зависит от построения тренировочного процесса. Некоторые исследователи отмечают, что у спортсменов в разных видах спорта возникают заболевания верхних дыхательных путей под воздействием факторов окружающей среды (температура, загрязнение воздуха, химические реагенты и др.), неразрывно связанных с условиями, в которых осуществляется данная мышечная деятельность [235, 231, 240, 247].

В работах J.D. Leuppi et. al. [243] и A. Lumme et. al. [245]) показано, что у профессиональных хоккеистов достаточно часто встречаются воспаление дыхательных путей, гиперреактивность бронхов и астма, причинами которых могут являться вдыхание холодного воздуха и воздействие загрязнителей в помещении во время интенсивных тренировок. Подобные проблемы обнаружены также у детей и подростков, занимающихся этим видом спорта [240, 247, 231]. P. Thunqvist et. al. [265] обращают внимание на тот факт, что у детей и подростков 10-16 лет, занимающихся хоккеем, чаще возникают респираторные симптомы и астма. В связи с особенностями тренировочного и соревновательного процессов

хоккеисты проводят достаточно много времени на ледовой площадке в условиях пониженных температур, что может приводить к изменениям в показателях внешнего дыхания. Между тем, в научно-методической литературе встречаются только фрагментарные исследования, посвященные изучению дыхательной системы хоккеистов, несмотря на ее значимость с позиции сохранения здоровья спортсменов. В своих исследованиях В.В. Эрлих с соавт. [208] показали, что по критериям ЖЕЛ, жизненного индекса и толерантности к гипоксии спортсмены 13-ти лет превосходят сверстников, не занимающихся спортом. В научных работах Т.В. Потаповой с соавт. [138] представлены некоторые показатели функции внешнего дыхания у хоккеистов 17-19 лет с учетом игрового амплуа в соревновательный период. Автором показано, что в этой группе спортсменов частотные и объемные значения либо превышали границы нормы для людей, не занимающихся спортом, либо находились в верхнем диапазоне нормы. При сопоставлении полученных нами данных у хоккеистов 17-21 года с результатами Т.В. Потаповой с соавт. [138] мы обнаружили, что некоторые из показателей, такие как ЖЕЛ, соотношение ЖЕЛ/ДЖЕЛ, дыхательный объем, имеют практически идентичные значения с показателями исследователей. Значения МВЛ, полученные в нашем исследовании, оказались более высокими, тогда как частота дыхания и минутный объем дыхания, напротив, оказались более низкими. Результаты гипоксических проб (Штанге и Генчи) у хоккеистов в возрастных группах 15-16 и 17-18 лет согласуются с данными исследований В.В. Эрлиха с соавт. [24], которые проведены на группе хоккеистов 15-17 лет.

Эффективность игровой деятельности хоккеистов обусловлена различным энергообеспечением: аэробным, смешанным и анаэробным. Одним из механизмов повышения уровня адаптации к аэробным физическим нагрузкам является повышение потребления скелетными мышцами кислорода и, следовательно, рост максимального потребления кислорода [113, 179, 241, 214, 215]. Известно, что систематические адекватно подобранные физические нагрузки положительно влияют на уровень максимального потребления кислорода растущим организмом (детей, подростков и юношей), абсолютные значения которого увеличиваются до

окончания полового созревания, а порой и до 25-30 лет. Относительные значения МПК у детей и подростков, по данным В.А. Якобашвили с соавт. [210], в среднем составляют 43-52 мл/мин/кг. У подростков 13-14 лет отмечается максимальный годовой прирост аэробной производительности, который достигает наибольших значений к 18 годам, тогда как с 15-16 лет выявлены максимальные абсолютные величины МПК. В работе А.С. Самсыкина [149] указывается, что у хоккеистов наиболее высокие темпы развития общей выносливости наблюдаются в 13-14 лет. Н.А. Quinney et al. [255] отмечают, что за последние 26 лет у хоккеистов выявлено значительное увеличение показателей аэробной производительности. В исследованиях А.Н. Triplett et al. [270], проведенных на хоккеистах, выступающих за студенческие команды, показано, что у нападающих МПК несколько выше ( $58,7 \pm 4,7$  мл/мин/кг), чем у защитников ( $57,2 \pm 4,4$  мл/мин/кг). Анализ литературы показал, что аэробные возможности профессиональных игроков в хоккей в разные годы находились в диапазоне от 54,6 до 59,2 мл/мин/кг [253]. М.В. Панковым с соавт. [132] приведены значения МПК в 53,2-59,0 мл/мин/кг, тогда как в монографии Ф.А. Иорданской [60] у профессиональных хоккеистов (средний возраст 26,1 год) данный показатель составляет в среднем 60,7 мл/мин/кг, в молодежной команде (средний возраст 18,6 лет) – 62,2 мл/мин/кг, в юношеской (средний возраст 17,4 лет) – 50,9 мл/мин/кг. Уровень аэробной подготовки юных хоккеистов повышается с возрастом, физическим и физиологическим взрослением игроков, но в более старшем возрасте аэробные возможности улучшаются в меньшей степени. Абсолютные значения МПК у хоккеистов увеличиваются в период с 13 до 15 лет, тогда как значительный прирост относительных значений в этом возрастном диапазоне не выявлен [241]. Между тем, нами получены данные, свидетельствующие о том, что значения МПК хоккеистов на этапах ССМ и ВСМ (17-21 год) составляют 61,5-64,2 мл/мин/кг, что указывает на более высокий уровень аэробных возможностей организма хоккеистов в изучаемой когорте. Наиболее значимый прирост абсолютных значений МПК наблюдается от 13-14 до 15-16 лет (на 26%), максимальный прирост отмечен от 15-16 до 17-18 лет и составляет 35%. В группе лиц, не

занимающихся спортом, данный показатель во всех возрастных группах увеличивается незначительно (от 7% до 13%).

Известно, что у детей и подростков хорошо развиты аэробные возможности за счет того, что в мышцах содержится большее количество митохондрий, чем у взрослых, и высокое содержание ферментов окисления жирных кислот [210, 241]. По данным литературы, средние значения аэробной работоспособности (по тесту  $PWC_{170}$ ) у взрослых хоккеистов составляют  $1428 \pm 217$  кгм/мин, относительные значения –  $20,1 \pm 2,7$  кгм/мин/кг, у юных спортсменов 11-12 лет –  $586 \pm 170$  кгм/мин, у 13-14-летних –  $823 \pm 168$  кгм/мин, в возрасте 15-16 лет –  $1045 \pm 185$  кгм/мин [14]. В наших исследованиях выявлены более высокие показатели аэробной физической работоспособности в представленных возрастных группах. Обнаружено, что на этапах ССМ и ВСМ, в возрастном диапазоне от 17 лет до 21 года значения показателей работоспособности по тесту  $PWC_{170}$  составляют в среднем 1852-1864 кг/мин, что согласуется с данными Т.В. Потаповой с соавт. [138].

Относительные значения аэробной работоспособности, полученные нами, находятся в диапазоне 22-23 кгм/мин/кг, что, по классификации Н.Д. Граевской с соавт. [36], оценивается как очень высокая аэробная физическая работоспособность. В младших возрастных группах данный показатель также выше. В.А. Якобашвили с соавт. [210] отмечает, что показатели абсолютных и относительных значений аэробной физической работоспособности у тренированных подростков 13-15 лет выше, чем у нетренированных и составляют 853 кгм/мин и 15,5 кгм/мин/кг соответственно. При исследовании хоккеистов следующего возрастного диапазона [132], выявлено, что относительная аэробная работоспособность хоккеистов 16-19 лет составляет 18,5 кгм/мин/кг, а в 20-28 лет – 21,9 кгм/мин/кг. Нами получены более высокие результаты в вышеуказанных возрастных группах: максимальный прирост абсолютных и относительных показателей аэробной (общей) физической работоспособности у хоккеистов отмечается в возрастном диапазоне от 15-16 до 17-18 лет и составляет 47% и 30% соответственно.

Анаэробная физическая работоспособность у детей и подростков лимитируется некоторыми особенностями обеспечения мышечной работы, к которым относятся: невысокая эффективность систем вегетативного обеспечения, небольшие резервные возможности метаболических систем, а также незначительное развитие анаэробного гликолитического компонента энергообеспечения. Помимо этого, у детей и подростков значительно меньше ферментов гликолиза (фосфофруктокиназы и гексокиназы) в мышцах по сравнению с взрослыми людьми [210]. Показатели физической работоспособности с возрастом увеличиваются вследствие совершенствования нейрогуморальных регуляторных механизмов и повышения эффективности взаимодействия вегетативных систем [13]. Согласно исследованиям В.А. Сальникова [147] и В.П. Губа с соавт. [40], сенситивные периоды развития аэробной выносливости и анаэробных возможностей у мальчиков приходятся на возрастной период 15-17 лет. Прирост анаэробной работоспособности происходит параллельно с увеличением гликолитических волокон в мышцах и приходится на возраст 15 лет [113]. Как отмечает в своих исследованиях М. Kokinda et al. [236], анаэробные способности хоккеистов различаются в зависимости от возраста: отсутствует разница в максимальной выходной мощности между игроками старше 20 лет и 18-20 лет, при этом пиковая выходная мощность у игроков старшего возраста значительно выше по сравнению с игроками 16-18 лет и 18-20 лет. Исследования J.R. Leiter et al. [242] показали, что абсолютная пиковая и средняя анаэробная мощность достоверно увеличивается в возрасте с 13-ти до 16-ти лет, тогда как относительные показатели изменяются в возрастном диапазоне с 13-ти до 15-ти лет. Высокие темпы прироста анаэробной выносливости у хоккеистов с 13 до 14 лет отмечает А.С. Самсыкин [149]. Мы получили данные, которые согласуются с данными J.R. Leiter et al. [242]. Сравнительный анализ прироста абсолютных и относительных показателей анаэробных возможностей у хоккеистов показал, что наибольшее их увеличение наблюдается с 13-14 до 15-16 лет (35% и 12% соответственно).

В современном спорте уровень достижений находится на грани функциональных возможностей организма человека, и дальнейшее увеличение объема и интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок без риска для состояния здоровья спортсменов практически невозможно [234, 64, 31-33 и др.]. Деятельность сердечно-сосудистой системы является индикатором уровня адаптации спортсменов к выполняемым физическим нагрузкам и при этом лимитирующим фактором. Модель сердечной адаптации у спортсменов зависит от вида спорта, а также антропометрических данных [222, 223, 261, 219, 33, 108]. Резервные возможности насосной функции сердца увеличиваются с возрастом, в том числе за счет возникновения брадикардии у тренированных лиц [1, 86].

Скорость кровотока в сосудистой системе определяется жесткостью сосудов [138]. В своих работах В.Э. Занковец с соавт. [52], указывает на то, что у хоккеистов молодежной команды во время соревнований частота сердечных сокращений при нахождении на льду находится в пределах 169-182 удара в минуту. По мнению ряда авторов, к 15-16 годам наблюдается снижение интенсивности обмена веществ, формируется адренергическая система регуляции, повышается тонус парасимпатического отдела ВНС, стабилизируется регуляция сердечного ритма, и, как следствие, происходит снижение частоты сердечных сокращений [173, 14 и др.]. Имеются исследования, указывающие на то, что у школьников, не занимающихся спортом, значительное снижение частоты сердечных сокращений наблюдается в возрастном диапазоне от 13 до 15 лет [133, 99]. Повышение уровня активности половых гормонов в возрасте 15-16 лет способствует формированию наиболее оптимального функционирования ССС и ее регуляции.

В работах, изучающих кардиогемодинамику, проведенных на юных хоккеистах 10-11 лет Ф.А. Мавлиевым с соавт. [103], а также В.А. Демидовым с соавт. [44], получены данные, которые нами сопоставлены с показателями хоккеистов 11-12 лет, участвующими в нашем исследовании. Выявлено, что артериальное давление (систолическое, диастолическое и среднее), а также МОК и общее периферическое сопротивление сосудов у испытуемых сравниваемых

возрастных групп находятся примерно в одинаковых нормативных диапазонах. Следует отметить, что показатели ЧСС у хоккеистов 10-11 лет несколько ниже, чем полученные нами у спортсменов 11-12 лет, что может быть обусловлено региональными особенностями и спецификой тренировки. Между тем, аналогичные результаты по частоте сердечных сокращений у хоккеистов 10-11 лет были получены и И.Я. Лутфуллиным с соавт. [101]. Необходимо отметить, что в то же время показатели УО и сердечного индекса, представленные авторами, несколько выше, чем у спортсменов, участвующих в нашем исследовании. В работе Г.Н. Шангареевой [197] отмечаются более низкие показатели ЧСС, САД и ДАД, а также более высокие значения массы миокарда и величины фракции выброса левого желудочка у хоккеистов 14-15 лет по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом. Значения показателей ЧСС, САД и ДАД в возрастной группе хоккеистов 17-21 года согласуются с данными, полученными М.В. Панковым с соавт. [132].

В настоящее время при оценке функционального состояния ССС и косвенной оценке потребности миокарда в кислороде широко используется показатель «двойное произведение» (индекс Робинсона) [117]. Данный показатель позволяет определить механическую работу сердца и является достаточно эффективным при оценке долговременной адаптации к физическим нагрузкам различного характера в системе комплексного контроля. В.А. Якобашвили с соавт. [210] представлена система оценки данного показателя по пятибалльной системе. При сопоставлении полученных нами данных двойного произведения с предложенными критериями оценки выявлено, что во всех изучаемых возрастных группах хоккеистов этот показатель оценивается выше среднего, что указывает на хорошую долговременную адаптацию организма к выполняемым физическим нагрузкам.

Таким образом, нами изучены показатели, характеризующие особенности гемодинамики хоккеистов в широком возрастном диапазоне, и выявлены темпы прироста основных показателей с позиции определения критических и сенситивных возрастных периодов. В результате проведенных нами исследований

выявлено, что в условиях относительного покоя основные показатели гемодинамики у хоккеистов совпадают с возрастными физиологическими закономерностями становления сердечно-сосудистой системы у подростков и юношей, не занимающихся спортом. С возрастом у хоккеистов значения частоты сердечных сокращений и сердечного индекса имеют тенденцию к снижению, тогда как отмечается увеличение показателей артериального давления, ПД, УО и МОК, общего и удельного периферического сопротивления сосудов, что согласуется с данными возрастной физиологии. Считается, что наиболее экономичное достижение минутного объема крови осуществляется за счет небольшого ударного объема и низкой частоты сердечных сокращений, что нашло подтверждение и в нашем исследовании. В регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы большое значение имеют нервные и гуморальные механизмы. Так, в условиях относительного покоя коронарные сосуды имеют повышенный тонус и обеспечивают экономичный кровоток в сердечной мышце вследствие их иннервации адренергическими волокнами симпатической нервной системы [186, 31, 261].

Изучение электрокардиографических показателей в практике спорта является достаточно актуальным и уместным в связи с тем, что у спортсменов чаще наблюдаются изменения в работе сердца, которые могут оказывать влияние на функциональное состояние спортсмена [225, 226, 229, 211, 33, 108, 252 и др.]. Регулярные физические нагрузки у спортсменов вызывают адаптивные структурные и функциональные изменения в сердце: выраженный тонус блуждающего нерва, увеличение размеров сердца. На ЭКГ отмечаются синусовая брадикардия, гипертрофия левого желудочка, изменения деполяризации и реполяризации [261, 108, 86, 33, 252]. В научно-методической литературе представлены градации нормы и патологии по данным электрокардиограммы, в которой выделяются ряд ЭКГ-феноменов, связанных с занятиями спортом. Они характеризуются как физиологические и определяются адаптивными особенностями миокарда. К этой группе относятся следующие особенности: синдром ранней реполяризации, синусовая брадикардия, изолированные

вольтажные критерии гипертрофии миокарда левого желудочка, АВ-блокада I степени и неполная блокада правой ножки пучка Гиса [226, 261, 108, 33]. У юных спортсменов часто наблюдается синдром ранней реполяризации, который обусловлен повышенным парасимпатическим влиянием ВНС на миокард [100]. Ф.А. Иорданской [59] отмечается, что у юных хоккеистов (11-13 лет) напряженный режим тренировок может сопровождаться нарушениями сердечного ритма, процессов реполяризации миокарда и проводимости, однако в большинстве случаев реакция на дозированную физическую нагрузку была благоприятной. Реже отмечается миграция водителя ритма и экстрасистолическая аритмия (нарушение ритма сердца), АВ-блокада I степени и синдром CLC (нарушение проводимости). У хоккеистов 14-15 лет в 33% случаев выявлены проявления физиологически спортивного сердца. В ряде случаев (27%) размеры сердца в данной возрастной группе хоккеистов превышали физиологическую норму. По данным Л.В. Яковлевой с соавт. [211], из ЭКГ-феноменов у хоккеистов 14-15 лет наиболее часто выявляются синусовая брадикардия (66,6%), нарушение ритма сердца (59,3%), неполная блокада правой ножки пучка Гиса (29,6%) и синдром ранней реполяризации (33,3%).

Нами были проведены исследования ЭКГ хоккеистов в условиях относительного покоя и после выполнения дозированной физической нагрузки. Большое количество выявленных нами нарушений биоэлектрической активности миокарда в младших возрастных группах хоккеистов, начиная с этапа СС до этапа ССМ (11-16 лет) проявляются в виде таких признаков как: выраженная синусовая аритмия, миграция водителя ритма (нарушения автоматизма), предсердные и желудочковые экстрасистолы (нарушение возбудимости миокарда) и признаки T-infantile. Это обусловлено наличием у юных хоккеистов функциональных изменений, связанных с незрелостью миокарда и регуляторных систем организма. На наш взгляд, именно поэтому в этих группах отмечается большее количество благоприятных реакций на предъявляемую дозированную физическую нагрузку. Количество нарушений биоэлектрической активности миокарда в условиях относительного покоя у хоккеистов старших возрастных групп, начиная с этапа

ССМ и до этапа ВСМ (17-18 лет и 19-21 год) снижается с увеличением биологической зрелости и стажа занятий спортом [88]. В большей степени наблюдаются нарушения процессов метаболизма сердечной мышцы, гипертрофия миокарда различных отделов сердца, т.е. изменения, носят органический характер. В связи с этим при выполнении анаэробной нагрузки эти изменения остаются, а также проявляются скрытые нарушения, которые не выявлены в покое.

Каждый период онтогенеза характеризуется определенными нейроэндокринными взаимоотношениями, которые и обеспечивают биологическую надежность регуляции вегетативных функций организма при воздействии различных факторов, а также определяют, какими будут адаптационно-приспособительные механизмы [207, 184, 140, 228]. Вегетативный баланс и степень активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы зависят от гено- и фенотипических характеристик, дозы воздействующего фактора, типа реагирования и функциональных резервов организма [118, 3, 259 и др.]. Использование ВСР в качестве маркера для отражения сердечной модуляции симпатического и блуждающего компонентов ВНС широко применяется в практике, и принято считать, что мониторинг показателей ВСР может быть полезен для отслеживания динамики адаптации/дезадаптации к тренировкам [141, 142, 228, 218].

Как известно, у спортсменов часто наблюдается брадикардия, которая обеспечивается увеличением тонуса блуждающего нерва [218]. Данный факт принято рассматривать как адаптацию к регулярным физическим нагрузкам и улучшение функционального состояния атлета. Регуляция функций организма обеспечивается минимальным участием высших уровней управления, так как данный уровень управления вызывает напряжение регуляторных механизмов адаптации и рост ее «цены» [31, 32]. Изменения ЧСС, вызванные регулярными физическими нагрузками, могут быть результатом сдвигов вегетативного нервного баланса в сторону доминирования парасимпатической регуляции (усиление парасимпатической и/или пониженной регуляции симпатической

нервной системы) [218]. В исследованиях Г.Н. Шангареевой с соавт. [197] указывается на то, что у хоккеистов 14-15 лет в 50% случаев выявляется парасимпатикотония, эйтония – в 40% и симпатикотония – в 10%. В нашем исследовании выявлено, что у хоккеистов в 13-14 лет преобладают спортсмены с симпатикотонией (42%) и эйтонией (33%), а в 15-16 лет – ваготонией (41%) и эйтонией (38%). В исследовании И.Я. Лутфуллина с соавт. [101] указывается на то, что у юных хоккеистов 10-11 лет в покое наблюдается снижение активности центральных механизмов регуляции сердечного ритма с одновременным повышением автономного контура (ядра блуждающего нерва и дыхательный центр). Спектральный анализ ВРС у данной группы спортсменов позволил выявить более высокую общую мощность (TP), а также высокочастотный (HF) и низкочастотный (LF) компоненты спектра по сравнению с подростками, не занимающимися спортом. У спортсменов отмечается выраженное преобладание парасимпатического компонента [218]. Подобные наблюдения отмечаются и в работе Г.Н. Шангареевой [197], выполненной на хоккеистах 14-15 лет.

При изучении показателей спектрального анализа и распределении составляющих спектра в условиях относительного покоя в группах хоккеистов 11-21 года нами выявлено следующее: в возрастных группах 11-12 лет и 19-21 год чаще наблюдается ваготония –  $VLF < HF > LF$  (относительная ваготония), в возрасте 15-16 и 17-18 лет наблюдается напряженный вегетативный баланс ( $HF > LF < VLF$ ), тогда как в 13-14 лет – ненапряженный вегетативный баланс ( $LF > VLF < HF$ ). Выявлена автономизация в управлении сердечным ритмом, что свидетельствует о преобладании парасимпатических влияний над симпатическими и гуморально-метаболическими компонентами. В старших возрастных группах усиливается роль VLF компонента структуры ритма, что свидетельствует об увеличении активности центрального контура регуляции в управлении сердечным ритмом. На наш взгляд, высокие значения индекса активации подкорковых центров, а также лабильность основных показателей вариабельности сердечного ритма у хоккеистов 13-14 лет оказались максимальными в силу того, что именно этот возрастной отрезок является

критическим в созревании системы кровообращения и проявляется высокой активностью сердечно-сосудистого и сосудодвигательного центров. Индекс централизации же характеризует окончание пубертатного периода у хоккеистов в возрасте 15-16 лет, что выражается в высоких его значениях и стабилизации гемодинамических показателей на данном возрастном этапе.

С целью изучения адаптации организма хоккеистов 11-21 года к физической нагрузке после выполнения функциональных проб был проведен анализ вариабельности сердечного ритма. Выявлено, что во всех возрастных группах при выполнении физических нагрузок наблюдается ожидаемый переход к симпатикотонии, что согласуется с данными многих авторов [31, 32, 60 и др.]. Однако если сравнивать показатели КИГ после нагрузки в изучаемых возрастных группах, то можно выявить следующее: у хоккеистов 11-12 лет наблюдается автономная регуляция сердечного ритма (более низкие значения АМо, ВПР, ИН и высокие значения ВР, Мо), в возрасте 13-14 лет – центральная регуляция (высокие значения АМо и ИН при снижении ВР и Мо), в возрасте 19-21 год – гуморально-метаболическая регуляция (увеличение АМо, ВПР, ИВР, ИН и снижение ВР). Показатели вариабельности сердечного ритма после физической нагрузки у хоккеистов с 15-ти до 18-ти лет имеют промежуточное положение между автономным и центральным контурами регуляции, в то же время в возрасте 17-18 лет наблюдается тенденция изменения показателей в сторону гуморально-метаболической регуляции.

Согласно системному принципу организации организма и его реагирования на внешние факторы среды вся адаптивная деятельность физиологических систем осуществляется через иерархически организованные динамические объединения [4, 5, 102, 134, 49]. Организм человека находится в постоянном динамическом равновесии при обмене веществ с окружающей средой, поэтому рассматривается как «открытая система» и всегда развивается как единое целое. Развитие организма как целого обеспечивают сложные системы связей (корреляции), которые взаимосвязаны. По мнению И.И. Шмальгаузена [205], существуют несколько видов корреляционных связей: морфологические, функциональные и

геномные. В процессе роста и развития организма между системами возникают новые корреляции, и для каждого периода онтогенеза характерны различные типы корреляции.

В работах Г. Селье [151] указывается, что при адаптации организма к изменяющимся условиям среды выделяется несколько стадий (фаз). В «аварийную» стадию происходят компенсаторные реакции, которые осуществляются через мобилизацию защитных сил организма с вовлечением различных висцеральных систем. Наблюдается несоординированность между системами жизнеобеспечения и неэкономичность ответных реакций организма, отмечается наибольшее количество изменений показателей при работе различных систем. В переходной фазе наблюдается стабилизация в работе висцеральных систем, формируются корреляционные связи, при этом отмечается постоянное напряжение управляющих механизмов под действием стресс-гормонов, что способствует переходу организма из стадии срочной адаптации в долговременную.

Анализ научно-методической литературы показал наличие исследований о количестве и силе взаимосвязей между основными показателями систем, обеспечивающих оптимальное функционирование организма человека. Некоторые авторы в своих работах указывают на то, что на напряжение деятельности регуляторных механизмов адаптации организма к новым условиям может указывать увеличение количества корреляционных связей [7, 64]. Формируемые связи между отдельными элементами физиологических систем могут быть врожденными (жесткими) и пластичными (гибкими). Наиболее важными для обеспечения приспособительных реакций в конкретных условиях являются пластичные связи [102]. Избыточная «жесткость» взаимосвязей указывает на наличие напряжения адаптационных механизмов и снижение возможности отдельных элементов системы включаться в новые функциональные связи [7, 64]. О процессах адаптации, происходящих в организме, может свидетельствовать разрушение старых и образование новых корреляционных связей [142].

Ф.А. Мавлиев с соавт. [104] выявили особенности корреляционных связей у хоккеистов 11-12 лет между спортивным стажем, показателями сердечно-сосудистой системы и составом тела. Отмечается, что средние корреляционные связи обнаруживаются между спортивным стажем и показателями адаптации сердечно-сосудистой системы, такими как артериальное давление (диастолическое и среднее), фракцией выброса, СИ и МОК. Больше количество достоверных связей выявлено с массой тела и меньше с длиной тела. Сильные связи отмечались между УО с массой тела и общей мышечной массой [104]. В исследованиях А.В. Шахановой с соавт. [200], проведенных на спортсменках 12-13 лет, была показана достаточно высокая степень сопряженности между сердечно-сосудистой и дыхательной системами, выявленная на основе корреляционных связей. Согласно данным А.А. Псеунок с соавт. [140], отсутствие межсистемных связей может указывать на гетерохронность развития и «функциональный дисбаланс» при адаптации.

Для выявления уровня и характера взаимодействия между показателями физического развития и физиологических систем при долговременной адаптации организма к мышечным нагрузкам у хоккеистов 11-21 года нами был проведен корреляционный анализ. Установлено, что с возрастом и увеличением уровня тренированности спортсменов происходит изменение количества и структуры взаимосвязей между изучаемыми показателями [70, 98]. Максимальное количество связей (893) нами было обнаружено на этапе спортивной специализации (ПУС), причем число сильных ( $r \geq 0,7$ ) в данной возрастной группе также больше, чем в других. В этот возрастной период (13-14 лет) происходит бурный рост организма и нарастание как общего количества взаимосвязей, так и сильных взаимосвязей, это обусловлено выраженным напряжением всех функциональных систем организма. Обнаружено, что именно в этом возрасте у хоккеистов КЭА был выше, чем в других возрастных группах, что свидетельствует о напряжении механизмов адаптации и поиске путей адаптации. В других возрастных группах количество внутри- и межсистемных взаимосвязей заметно ниже. Однако к этапу ССМ (17-18 лет) в корреляционной матрице

наблюдается рост количества общих взаимосвязей (527), а к последующему этапу ВСМ (19-21 год) – сильных при снижении общего их числа (378). По всей видимости, в возрастные периоды 17-18 лет и 19-21 год организм испытывает напряжение адаптационных механизмов ввиду того, что после периода полового созревания в тренировочный процесс, кроме «отработки» технико-тактических действий, добавляется количество тренировочных и соревновательных нагрузок, что проявляется «поиском» функциональными системами новых элементов для поддержания гомеостаза и, следовательно, увеличением общего количества взаимосвязей. В дальнейшем, на этапе ВСМ (19-21 год), функциональное состояние организма хоккеистов стабилизируется и связи «закрепляются», что и объясняет увеличение количества сильных взаимосвязей и коэффициента эффективности адаптации.

При анализе срочной адаптации ССС хоккеистов обнаружено, что на этапе спортивной специализации (ПУС) в 13-14 лет на дозированную физическую нагрузку КЭА (усл.ед) как в покое, так и после дозированной физической нагрузки имеет более высокие значения. Вероятно, именно этот возраст является наиболее критическим при адаптации хоккеистов к физической нагрузке еще и в связи с тем, что в организме происходят значительные функциональные перестройки, связанные с периодом пубертата. В своей работе М.В. Панков с соавт. [132] также отмечает, что количество корреляционных взаимосвязей в старших возрастных группах хоккеистов снижается, что согласуется с полученными нами данными. Таким образом, процессы срочной и долговременной адаптации к физическим нагрузкам аэробной и анаэробной направленности у хоккеистов разных возрастных групп осуществляются в результате изменений, происходящих в различных функциональных системах.

Для обеспечения адаптации организма к окружающей среде, в том числе и к физическим нагрузкам, имеются определенные механизмы. В книге «Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков» А.А. Маркосяном [109] была определена концепция о «биологической надежности» организма, которая является одной из закономерностей онтогенеза. Биологическая надежность

развивается гетерохронно и имеет генетическую обусловленность. Она присуща всему организму и его отдельным функциональным системам. Ее развитие в первую очередь происходит в тех системах организма, которые в данный момент являются наиболее значимыми, так совершенствуются адаптивные возможности организма. В процессе роста и развития организма наблюдаются активные преобразования, которые приводят к временному снижению биологической надежности, в дальнейшем происходит увеличение функционального диапазона и ее повышение. Биологическую надежность организма определяют ряд свойств живой системы, к которым относятся: избыточность элементов, их дублирование и взаимозаменяемость, быстрота возврата к относительному постоянству и динамичность взаимодействия отдельных звеньев системы. Одной из важных особенностей биологической надежности является то, что в обычных условиях организм и все его системы функционируют не на пределе своих возможностей, а сохраняют определенный резерв, который может быть использован в экстремальных ситуациях. За счет биологической надежности достигается экономизация функций организма [109, 180, 102, 81, 24].

Организм человека приспосабливается к внешним и внутренним факторам среды непрерывно, что проявляется в преобразовании всех систем и органов. Для обеспечения этого приспособления в каждый момент времени в организме формируются новые функциональные системы (ФС) для обеспечения каких-либо функций, но, как правило, для этого используются уже сформированные ранее. Данный процесс называется адаптацией. Согласно теории П.К. Анохина, ФС является временным объединением различных систем организма для достижения результата в процессе адаптации. Однако образование новых ФС при срочной адаптации под влиянием впервые воздействующих факторов несовершенно. Стойкие ФС формируются в случае многократного или длительного воздействия таких факторов. В организме человека одновременно функционирует несколько таких систем, которые находятся в непрерывном взаимодействии, и их работа направлена на достижение определенного результата. В организме спортсмена помимо возрастных изменений происходят и адаптационные, которые

обусловлены также и приспособлением к интенсивной мышечной деятельности [71, 96].

Дальнейшее углубление исследований о морфофункциональных характеристиках адаптации спортсменов на этапах многолетней подготовки позволит сформировать более точное представление о вкладе функциональных систем в процессы адаптации к напряженной мышечной деятельности, а также проводить индивидуализацию тренировок на основе полученных знаний и служить ориентиром в процессе спортивного отбора.

Таким образом, при реализации цели и задач исследования нами были определены:

- особенности долговременной адаптации организма хоккеистов на этапах многолетней подготовки;

- доказано, что срочная адаптация сердечно-сосудистой системы хоккеистов при выполнении дозированной физической нагрузки анаэробной направленности имеет особенности, которые проявляются в формировании гипотонического и дистонического типа реагирования.

- установлены периоды оптимального состояния специальной адаптивной функциональной системы хоккеистов, как морфофункционального комплекса структурных элементов, обеспечивающих биологическую надежность организма в условиях многолетней мышечной деятельности;

- выявлены этапы многолетней подготовки, определяющие «зрелость» специальной АФС, которые характеризуются лимитированным количеством общих и сильных (жестких) корреляционных взаимосвязей;

- доказано использование коэффициента эффективности адаптации, как критериального показателя, определяющего степень «зрелости» или уровень сформированности специальной АФС;

- выявлены наиболее значимые морфофункциональные показатели и разработаны шкалы дифференцированной оценки, которые являются модельными характеристиками адаптации организма хоккеистов на разных этапах многолетней подготовки.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлены возрастные особенности физического развития и функционального состояния организма хоккеистов на этапах многолетней подготовки, которые являются результатом долговременной адаптации и определяют биологическую надежность организма:

- на этапе спортивной специализации, ПНС (11-12 лет) – мезомоморфия, увеличение минутного объема дыхания, устойчивость к гипоксии; в периоде углубленной специализации (13-14 лет) – увеличение обхватных размеров грудной клетки, массы тела, увеличение мышечной силы, начало формирования гипокинетического типа кровообращения;
- на этапе ССМ (15-16 лет) – высокий уровень относительной анаэробной работоспособности, значительное увеличение массы левого желудочка сердца; к 17-18 годам – максимальные относительные значения аэробной физической работоспособности, увеличение максимального потребления кислорода;
- на этапе ВСМ (19-21 год) – стабилизация приростов показателей дыхательной и сердечно-сосудистой системы.

2. Критериями, ограничивающими эффективность долговременной адаптации к интенсивным мышечным нагрузкам и лимитирующими оптимальное функционирование организма хоккеистов в условиях напряженной мышечной деятельности хоккеистов, являются:

- на этапе спортивной специализации ПНС (11-12 лет) нарушения, биоэлектрической активности миокарда выявленные по данным ЭКГ покоя и значительное увеличение активности подкорковых нервных центров (ИАПЦ  $\geq$  более 2 усл.ед.) с возрастанием КЭА до 0,29 усл. ед. к периоду углубленной специализации (13-14 лет);
- на этапе совершенствования спортивного мастерства (15-16 и 17-18 лет) – напряженный вегетативный баланс (HF>LF<VLF);
- на этапе высшего спортивного мастерства (19-21 год) – увеличение количества неблагоприятных ЭКГ-изменений в ответ на физическую нагрузку анаэробной направленности (в 59% случаев).

3. Срочная адаптация ССС на физическую нагрузку анаэробного характера характеризуется преобладанием дистонического типа реакции (от 69 до 91%) во всех возрастных группах хоккеистов, кроме возраста 13-14 лет, когда в 54% случаев выявляется гипотонический тип реакции (неблагоприятный). Смена ведущих гемодинамических механизмов при обеспечении мышечной деятельности с формированием устойчивой адаптации к специфике игры в хоккей наблюдается на этапе ССМ (17-18 лет) и характеризуется завершением прироста, дальнейшей стабилизацией ИХР с возрастанием ИИР в ответ на аэробную и анаэробную физическую нагрузку.

4. Высокий уровень биологической надежности организма и функционирования специальной АФС достигается к этапу совершенствования спортивного мастерства (17-18 лет), что сопряжено с оптимальным уровнем тренированности и снижением доли «жестких» (сильных) взаимосвязей ( $r=0,71-0,99$ ), снижением количества переменных в ее структуре при доле общей дисперсии значимых факторов до 11%.

5. На основе корреляционного и факторного анализа, нормированных шкал дифференцированной балльной оценки определены модельные характеристики морфофункционального состояния хоккеистов для каждого из этапов спортивной подготовки. Неудовлетворительным уровнем морфофункционального состояния и физической работоспособности хоккеистов 11-21 года считается 29-58 баллов.

6. Разработана модель специальной АФС организма хоккеистов, обеспечивающая биологическую надежность организма хоккеистов в условиях многолетней спортивной подготовки.

7. Критерием, характеризующим эффективность долговременной адаптации организма хоккеистов к условиям напряженной мышечной деятельности и определяющим уровень оптимального функционирования специальной АФС, является коэффициент эффективности адаптации (КЭА 0,16-0,20). Оптимальный уровень адаптации наблюдаются у хоккеистов 11-12 лет и в 17-18 лет.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты работы рекомендуется использовать для контроля морфофункционального состояния хоккеистов 11-21 года на этапах многолетней подготовки, а также при отборе наиболее подготовленных и отвечающих виду спорта спортсменов в команды различного уровня, переводе их на следующий этап подготовки.

2. Для сопоставления полученных результатов в условиях относительного покоя для хоккеистов на разных этапах подготовки (11-21 год) рекомендуется использовать разработанные шкалы дифференцированной оценки морфофункциональных показателей, что позволяет составить индивидуальный профиль спортсмена, выявить «слабые звенья» и провести коррекцию.

3. Для адекватной оценки функционального состояния хоккеистов на разных этапах многолетней подготовки при организации комплексного контроля рекомендуется проводить функциональные пробы, позволяющие определять не только уровень аэробной физической работоспособности ( $PWC_{170}$ ), но и анаэробной работоспособности ( $W_{суб}$ ), а также оценку показателей центральной гемодинамики и variability сердечного ритма в покое и в процессе срочного восстановления.

4. Полученные данные рекомендуется использовать при подготовке учебных и методических пособий, разработке специальных курсов физиологического и педагогического характера, в системе подготовки специалистов в области общей и спортивной физиологии, спортивных тренеров.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

<b>АДср</b> – среднее артериальное давление	<b>МОД</b> – минутный объем дыхания
<b>АМо</b> – амплитуда моды	<b>МОК</b> – минутный объем крови
<b>АФС</b> – адаптивная функциональная система	<b>МПК</b> – максимальное потребление кислорода
<b>ВНС</b> – вегетативная нервная система	<b>МТ</b> – масса тела
<b>ВР</b> – вариационный размах	<b>ОГК</b> – окружность грудной клетки
<b>ВСМ</b> – высшего спортивного мастерства	<b>ПД</b> – пульсовое давление
<b>ГрТК</b> – гиперкинетический тип кровообращения	<b>ПНС</b> – период начальной специализации
<b>ГТК</b> – гипокинетический тип кровообращения	<b>ПТМ</b> – пневмотахометрия
<b>ДАД</b> – диастолическое артериальное давление	<b>ПУС</b> – период углубленной специализации
<b>ДЖЕЛ</b> – должная жизненная емкость легких	<b>РО</b> – резервный объем
<b>ДК</b> – динамометрия кистевая	<b>САД</b> – систолическое артериальное давление
<b>ДО</b> – дыхательный объем	<b>СИ</b> – сердечный индекс
<b>ДП</b> – двойное произведение	<b>СС</b> – спортивная специализация
<b>ДС</b> – дыхательная система	<b>ССМ</b> – совершенствования спортивного мастерства
<b>ДТ</b> – длина тела	<b>ССС</b> – сердечно-сосудистая система
<b>ЖЕЛ</b> – жизненная емкость легких	<b>УО</b> – ударный объем периферическое
<b>ЖИ</b> – жизненный индекс	<b>УПСС</b> – удельное сопротивление сосудов
<b>ИАПЦ</b> – индекс активации подкорковых центров	<b>ФЖЕЛ</b> – форсированная жизненная емкость легких
<b>ИИР</b> – индекс инотропного резерва	<b>ФС</b> – функциональная система
<b>ИН</b> – индекс напряжения	<b>ЧД</b> – частота дыхания
<b>ИХР</b> – индекс хронотропного резерва	<b>ЧСС</b> – частота сердечных сокращений
<b>ИЦ</b> – индекс централизации	<b>ЭКГ</b> – электрокардиография
<b>КГ</b> – контрольная группа	<b>ЭТК</b> – эукинетический тип кровообращения
<b>КИГ</b> – кардиоинтервалография	<b>HF</b> – высокочастотная составляющая спектра
<b>КЭА</b> – коэффициент эффективности адаптации	<b>LF</b> – низкочастотная составляющая спектра
<b>МВЛ</b> – максимальная вентиляция легких	<b>PWC<sub>170</sub></b> – общая физическая работоспособность при ЧСС до 170 уд/мин
<b>Мо</b> – мода	<b>ТР</b> – общая мощность спектра
	<b>VLF</b> – очень низкочастотная составляющая спектра
	<b>W<sub>суб</sub></b> – физическая работоспособность при ЧСС свыше 180 уд/мин

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абзалов Н.И. Взаимосвязь двигательных качеств юных спортсменов и резервных возможностей насосной функции сердца / Н.И. Абзалов, Р.Р. Абзалов, Р.А. Абзалов // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т.19, №2. – С. 18-22.
2. Абрамова Т.Ф. Морфологические критерии – показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова. – М.: ТВТ Дивизион, 2010. – 104 с.
3. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
4. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. – М.: Наука, 1980. – 195 с.
5. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин. – Москва: Директ-Медиа, 2008. – 131 с.
6. Апанасенко Г.Л. Эпидемия хронических неинфекционных заболеваний: стратегия выживания: монография / Г.Л. Апанасенко. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 261 с.
7. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.Н. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 221с.
8. Баевский Р.М. Возрастные особенности сердечного ритма у лиц с разной степенью адаптации к условиям окружающей среды / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, Ж.В. Барсукова // Физиология человека. – 1985. –Т. 11, № 2 – С. 208.
9. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
10. Баевский Р.М. Использование принципов донозологической диагностики для оценки функционального состояния организма при стрессорных воздействиях (на примере водителей автобусов) / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, Е.Ю. Берсенев [и др.] // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 1. – С. 41-51.

11. Баранов А.А. Физическое развитие детей и подростков на рубеже тысячелетий / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина. – М.: Издатель Научный центр здоровья детей РАМН. – 2008. – 216 с.
12. Бар-Ор О. Здоровье детей и двигательная активность: от физиологических основ до практического применения / О. Бар-ор, Т. Роуланд; пер. с англ. И. Андреев. – К.: Олимп. л-ра, 2009. – 528 с.
13. Бахрах И.И. Спортивно-медицинские аспекты биологического возраста подростков: монография / И.И. Бахрах, Г.Н. Грец. – 2-е изд., испр. и доп. – Смоленск: СГАФКСТ, 2011. – 212 с.
14. Белоцерковский З.Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов (норма и атипичные изменения в нормальных и измененных условиях адаптации к физическим нагрузкам) / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина. – М.: Советский спорт, 2012. – 548 с.
15. Бердичевская Е.М. Особенности функциональных показателей дыхания у квалифицированных юных спортсменов, специализирующихся в подводном плавании с ластами / Е.М. Бердичевская, Д.С. Бакарюк // Материалы научной и научно-методической конференции научно-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2018. – №1. – С. 157-158.
16. Берестнева О.Г. Основные этапы процесса индивидуальной адаптации / О.Г. Берестнева, А.М. Уразаев, И.Л. Шелехов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=11096>.
17. Бондарь Н.В. О критериях эффективности адаптации сердечно-сосудистой системы / Н.В. Бондарь // Физиология развития человека: Материалы международной конференции, посвящ. 55-летию Института возрастной физиологии РАО. – М.: Изд-во НПО «Образование от А до Я», 2000. – С. 112-114.
18. Бочаров М.И. Спортивная метрология / М.И. Бочаров. – Ухта: УГТУ, 2012. – 156 с.

19. Бреслав И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Советский спорт, 2013. – 336 с.
20. Булыкина Л.В. Сенситивные периоды развития детей. Определение спортивного таланта : монография / Л.В. Булыкина, Е.Е. Ачкасов, Э.Н. Безуглов; под редакцией В.П. Губы. – Москва: Издательство «Спорт», 2021. – 176 с.
21. Быков Е.В. Спорт и кровообращение: возрастные аспекты / Е.В. Быков, А.П. Исаев, С.Л. Сашенков. – Челябинск: Изд-во ООО «Интерполиарт и К», 1998. – 64 с.
22. Быков Е. В. Взаимосвязь параметров физической, технико-тактической и функциональной подготовленности у хоккеистов студенческой хоккейной лиги / Е.В. Быков, С.С. Жаворонков, О.В. Балберова, М.Е. Сахаров // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 3. – С. 4-10.
23. Былина Д.С. Влияние тренировок дыхательной мускулатуры на общую и специальную физическую подготовленность профессиональных хоккеистов / Д.С. Былина, В.Э. Занковец, В.П. Попов // Мир спорта. – 2020. – № 4 (81). – С. 28-32.
24. Ванюшин Ю.С. Критерии биологической надежности растущего организма и взрослых спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Н.А. Федоров, Г.К. Хузина, А.Г. Яруллин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2019. – Т. 14. – № 2. – С. 97-102.
25. Ванюшин Ю.С. Функциональное взаимодействие сердечно-сосудистой и дыхательной систем при тестирующих нагрузках / Ю.С. Ванюшин, Н.А. Федоров, Н.О. Кузнецова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2020. – Том 15. – № 1. – С. 169-175.
26. Ванюшин Ю.С. Обобщающие модели срочной адаптации спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Н.А. Федоров // Естественно-научные и технические исследования как основной фактор развития инновационной среды. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, г. Белгород, 28 января 2021 года. Под общ. Ред. Е.П. Ткачевой. – Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2021. – С. 9-14.
27. Вахитов И.Х. Особенности становления насосной функции сердца юных спортсменов в зависимости от срока приобщения к систематическим мышечным

- тренировкам / И.Х. Вахитов, Л.Р. Камалиева, Е.Г. Кабыш [и др.] // Казанский медицинский журнал. – 2011. – № 1. – С. 70-73.
28. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика / Под ред. А.М. Вейна. – М.: Мед. информ. агентство, 2000. – 752с.
29. Волков Н.И. Биоэнергетика спорта: Монография /Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.
30. Вырупаев К.В. Анализ состояния медико-биологического обеспечения подготовки спортивного резерва / К.В. Вырупаев, А.Ю. Лапин, Н.А. Титова [и др.] // Наука и Спорт: современные тенденции. – 2018. – № 4. – Том 6. – С. 11-18.
31. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография. / Е.А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
32. Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт / Е.А. Гаврилова // Физиология человека. – 2016. – Том 42. – №5. – С.121-129.
33. Гаврилова Е.А. Клинические и экспертные вопросы электрокардиографии в спортивной медицине: монография. / Е.А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2019. – 272 с.
34. Годик М.А. Спортивная метрология / М.А. Годик. – М., 1988. – 192 с.
35. Горанчук В.В. Гипокситерапия / В.В. Горанчук, Н.И. Сапова, А.О. Иванов. – СПб, 2003. – 536 с.
36. Граевская Н.Д. Спортивная медицина / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М.: Советский спорт, 2004. – 360 с.
37. Губа В.П. Резервные возможности спортсменов: монография / В.П. Губа, Н.Н. Чесноков. – М.: Физическая культура, 2008. – 146 с.
38. Губа В.П. Теория и практика спортивного отбора и ранней ориентации в виды спорта: монография / В.П. Губа. – М.: Советский спорт, 2008. – 304 с.
39. Губа В.П. Основы спортивной подготовки: методы оценки и прогнозирования (морфобиомеханический подход): научно-методическое пособие / В.П. Губа. – М.: Советский спорт, 2012. – 384 с.
40. Губа В.П. Теория и методика современных спортивных исследований: монография / В.П. Губа, В.В. Маринич. – М.: Спорт, 2016. – 232 с.

41. Гундаров И.А. Нормативы показателей центральной гемодинамики, дифференцированные по полу, возрасту и типам кровообращения / И.А. Гундаров // Терапевтический архив. – 1983. – № 4. – С. 26-27.
42. Дембо А.Г. Врачебный контроль в спорте / А.Г. Дембо – М.: Медицина, 1988. – 288 с.
43. Дембо А.Г. Спортивная кардиология / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
44. Демидов В.А. Особенности кардиогемодинамики и вариабельности ее параметров у юных хоккеистов 10-11 лет / В.А. Демидов, Ф.А. Мавлиева, А.С. Назаренко [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Том 14, № 3. – С. 19-25.
45. Детская спортивная медицина / под ред. Т.Г. Авдеевой, И.И. Бахраха. – Изд. 4-е испр, и дополн. – Ростов на Дону: Феникс. 2007. – 320 с.
46. Додонова Л.П. Методы соматотипирования в возрастной и конституциональной антропологии / Л.П. Додонова. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 2006. – 160 с.
47. Доева А.Н. Определение понятия «Адаптация на физическую нагрузку» / А.Н. Доева // Вестник АГУ. – 2018. – Выпуск 2 (218). – С. 115-118.
48. Жаворонков С. С. Управление тренировочным процессом студенческой хоккейной команды на основе изучения биоэнергетического профиля игроков / С.С. Жаворонков, Е.В. Быков, О.В. Балберова, Е.А. Гневашев // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 6 (220). – С. 120-127.
49. Жидков Р.С. Теория функциональных систем П.К. Анохина / Р.С. Жидков, А.Б. Альтудова, А.В. Шамарина [и др.] // Научно-практические исследования. – 2021. – № 2-3(37). – С. 17-21.
50. Зайнеев М.М. Особенности функционального состояния внешнего дыхания детей младшего школьного возраста при адаптации к различным нагрузкам / М.М. Зайнеев, Н.И. Зиятдинова, Т.Л. Зефирова // Казанский медицинский журнал. – 2012. – Т. 93. – № 1. – С. 89-92.

51. Зайцев В.К. Технологии тренировки функциональных систем организма хоккеиста / В.К. Зайцев. – Изд-во: Академический проект, 2006. – 224 с.
52. Занковец В.Э. Динамика ЧСС в процессе соревновательной деятельности хоккеистов Молодежной сборной Республики Беларусь / В.Э. Занковец, В.П. Попов // Актуальные аспекты современной науки: Материалы Международной научно-практической конференции. – Липецк, 2015. – С. 34-41.
53. Занковец В.Э. Модель и шкала оценок состава тела профессиональных хоккеистов / В.Э. Занковец, В.П. Попов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №4 (46). – Часть 3. – С. 39-41.
54. Иванов Н.В. Характеристика гемодинамических типов кровообращения у здоровых детей / Н.В. Иванов // Охрана материнства и детства. – 1988. – Т.33. – С. 3-5.
55. Иванова Ю.М. Структурные и функциональные особенности сердца спортсмена в современном хоккее: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11 / Иванова Юлия Михайловна. – Москва, 2017. – 24 с.
56. Ивантер Э.В. Элементарная биометрия / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 104 с.
57. Изаак С.И. Мониторинг развития и физической подготовленности: теория и практика: монография / С.И. Изаак. – М.: Советский спорт, 2005. – 195 с.
58. Изаак С.И. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников. Монография. / С.И. Изаак, Т.В. Панасюк, Р.В. Тамбовцева. – Москва - Орел: Изд-во ОРАГС, 2005. – 224 с.
59. Иорданская Ф.А. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юных спортсменов к нагрузкам в современном хоккее с шайбой / Ф.А. Иорданская // Вестник спортивной науки – 2010. – № 3. – С. 33-38.
60. Иорданская Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования): монография / Ф.А. Иорданская. – 2-е изд. – Москва: Издательство «Спорт», 2021. – 176 с.

61. Исаев А.П. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров [и др.]. – Ростов – на – Дону: Изд-во РГПУ, 2004. – 236 с.
62. Исаев А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки: монография / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
63. Казин Э.М. Здоровье учащихся как базовая адаптивная и социальная ценность / Э.М. Казин, К.Е. Айдаркин, А.И. Федоров [и др.] // Валеология. – 2008. – № 3. – С. 18-24.
64. Калинина И.Н. Физиологические аспекты адаптации сердечно-сосудистой системы мужчин и женщин с признаками флебопатии в постнатальном онтогенезе: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.13 / Калинина Ирина Николаевна. – Чебоксары, 2009. – 45 с.
65. Калинина И.Н. Центральная гемодинамика мужчин и женщин в постнатальном онтогенезе / И.Н. Калинина, С.Ю. Калинин // Фундаментальные исследования. – 2014. – №3 (часть 4). – С. 742-746.
66. Калинина И.Н. Особенности функционирования системы кровообращения футболистов массовых разрядов / И.Н. Калинина, В.А. Блинов, Л.Г. Баймакова [и др.] // Теория и практика физической культуры, 2015. – № 7. – С. 15-17.
67. Калинина И.Н. Спектральный анализ сердечного ритма хоккеистов в возрастном аспекте / И.Н. Калинина, Т.А. Линдт // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2017. – № 2. – С. 63-67.
68. Калинина И.Н. Функциональное состояние дыхательной системы хоккеистов в возрасте 13-16 лет / И.Н. Калинина, Т.А. Линдт // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – Краснодар: КГУФКСТ, 2017. – С. 178-180.
69. Калинина И.Н. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы хоккеистов 17-21 года // И.Н. Калинина, Т.А. Линдт // Материалы XXIII съезда

Физиологического общества имени И.П. Павлова. – Воронеж: Издательство «ИСТОКИ», 2017. – С. 2100-2102.

70. Калинина И.Н. Мониторнг функционального состояния хоккеистов / И.Н. Калинина, Т.А. Линдт, М.А. Зуб // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – Краснодар: КГУФКСТ, 2019 – С. 186-190.

71. Калинина И.Н. Совокупность характеристик морфологической и функциональной адаптации хоккеистов на этапах многолетней подготовки / И.Н. Калинина, Т.А. Линдт // X Международный Конгресс «Спорт, человек, здоровье» 08-10 декабря 2021г., Санкт-Петербург, Россия: Материалы Конгресса / Под ред. В.А. Таймазова. – СПб., Изд-во «Олимп-СПб», 2021. – С. 225-227.

72. Калинина И.Н. Особенности функции внешнего дыхания и устойчивости к гипоксии хоккеистов в многолетнем тренировочном процессе / И.Н. Калинина, Т.А. Линдт // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023\_07\_02\_10.

73. Калюжная Р.А. Актуальные вопросы возрастной кардиологии / Р.А. Калюжная // Вопросы физиологии сердечно-сосудистой системы школьников. – М., 1980. – С. 3-17.

74. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.

75. Каюмова Г.Г. Функциональное состояние коры надпочечников и сердечно-сосудистой системы у юных хоккеистов 11-15 лет: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.03.01 / Каюмова Гузель Газинуровна. – Казань, 2014. – 19 с.

76. Корниенко И.А. Возрастная периодизация развития скелетных мышц в онтогенезе человека / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Новые исследования. Альманах. – 2001. – № 1. – С. 44-50.

77. Корниенко И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение I. Структурно-функциональные

перестройки / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 4. – С. 37-42.

78. Корниенко И.А., Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение II. Зоны мощности и их возрастные изменения / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 3. – С. 46-54.

79. Корниенко И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение IV. Особенности развития энергетики скелетных мышц в зависимости от соматотипа / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева [и др.] // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 6. – С. 94-99.

80. Корниенко И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение III. Эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на развитие энергетики скелетных мышц / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 5. – С. 118-123.

81. Криволапчук И.А. Педагогическое сопровождение роста и развития детей в процессе физического воспитания: сообщение III. Биологическая надежность, обусловленность развития полом и уровнем двигательной активности, рекомендации / И.А. Криволапчук // Сибирский педагогический журнал. – 2015. – №3. – С. 19-25.

82. Кудря О.Н. Показатели центральной гемодинамики спортсменов 11-17 лет, занимающихся хоккеем / О.Н. Кудря, Т.А. Линдт, А.Ю. Фадеева // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2017. – №3 (141). – С. 4-9.

83. Кудряшова Ю.А. Учет морфофункциональных показателей ватерполистов как основа оптимизации спортивного отбора и индивидуализации тренировочного процесса / Ю.А. Кудряшова, Д.А. Ровный, Е.М. Кудряшов [и др.] // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2019. – №3. – С. 40-46.

84. Кылосов А.А. Оценка взаимосвязи между отдельными морфофункциональными показателями и результативностью соревновательной деятельности хоккеистов 15-16 лет / А.А. Кылосов, Д.С. Кагарлицкий, Т.В. Сборцева // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2017. - №9 (151). – С. 158-160.

85. Ланда Б.Х. Методика комплексной оценки физического развития и физической подготовленности / Б.Х. Ланда.– М.: Советский спорт, 2011. – 348 с.
86. Ландырь А.П. Электрокардиограмма спортсмена / А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов. – Москва: Издательство «Спорт», 2019. – 320 с.
87. Левшин И.В. Мониторинг функционального состояния и здоровья юных хоккеистов / И.В. Левшин, Л.В. Михно, А.В. Каган [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – №12 (120). – С. 9-15.
88. Линдт Т.А. Показатели биоэлектрической активности миокарда хоккеистов 11-21 года по данным ЭКГ / Т.А. Линдт, И.М. Макарова // Традиции и инновации в системе подготовки спортсменов и спортивных кадров: материалы I Всероссийской отраслевой научной интернет-конференции преподавателей спортивных ВУЗов в режиме on-line 16-18 октября 2013 г. – М.: ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ», 2013. – С. 87-91.
89. Линдт Т.А. Состояние системы дыхания у хоккеистов 11-21 года / Т.А. Линдт // Спортивная медицина: наука и практика: материалы X Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2015». – Москва, 2015. – С. 48-49.
90. Линдт Т.А. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы хоккеистов к физической нагрузке / Т.А. Линдт // Лечебная физкультура и спортивная медицина.– 2015. – № 5 (131). – С. 7-11.
91. Линдт Т.А. Показатели физического развития хоккеистов в возрасте от 11 лет до 21 года / Т.А. Линдт // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – № 1 (133). – С. 12-17.
92. Линдт Т.А. Функциональное состояние организма хоккеистов на учебно-тренировочном этапе многолетней подготовки / Т.А. Линдт, И.Н. Калинина // Олимпийский спорт и спорт для всех. XX Международный конгресс. 16-18 декабря 2016 г., Санкт-Петербург, Россия: Материалы конгресса: [в 2 ч.] – Ч. 2. – СПб., Издательско-полиграфический центр Политехнического университета, 2016. – С. 360-364.

93. Линдт Т.А. Функциональное состояние и адаптация сердечно-сосудистой системы хоккеистов 13-14 лет с различным исходным вегетативным тонусом к физическим нагрузкам / Т.А. Линдт // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов: материалы VI Всеросс. симп. / Отв. ред. Н.И. Шлык, Р.М. Баевский. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 171-175.
94. Линдт Т.А. Долговременная адаптация организма хоккеистов 17-21 года к физическим нагрузкам / Т.А. Линдт // Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта: материалы Международного научно-практического конгресса, посвященного 100-летию ГЦОЛИФК, 30-31 мая 2018 г. – Ч. 1 / под общей ред. А.А. Передельского и др. – М.: РГУФКСМиТ, 2018. – С. 38-41.
95. Линдт Т.А. Физическое развитие хоккеистов в возрастном аспекте / Т. А. Линдт // Актуальные проблемы адаптивной физической культуры и спорта: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Омск, 19-20 февраля 2019 года. – Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет физической культуры и спорта", 2019. – С. 448-456.
96. Линдт Т.А. Адаптация организма хоккеистов с позиции формирования функциональных систем / Т.А. Линдт, И.Н. Калинина, Н.В. Лунина // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Том 5. – № 1 (14). – С.10. – DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_01\_10.
97. Линдт Т.А. Формирование функциональных систем организма хоккеистов с позиции долговременной адаптации к мышечной деятельности / Т.А. Линдт, И.Н. Калинина // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование : материалы Международной научно-практической конференции (Краснодар, 18 февраля 2021 г.) – Краснодар: Издательство КГУФКСТ – 2021. – С. 192-194.
98. Линдт Т.А. Морфофункциональные критерии адаптации хоккеистов в многолетнем тренировочном процессе / Т.А. Линдт, И.Н. Калинина // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2023. – № 3 (71). – С. 7-16.

99. Литовченко О.Г. Некоторые показатели сердечно-сосудистой системы уроженцев Среднего Приобья 7-20 лет / О.Г. Литовченко, О.П. Нифонтова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 1. – С. 115-119.
100. Лутфуллин И.Я. Дисперсия интервала QT и показатели variability ритма сердца юных хоккеистов / И.Я. Лутфуллин, Д.И. Садыкова, Р.Р. Альметова // Здоровье семьи – 21 век. – 2012. – № 4 – С. 9-21.
101. Лутфуллин И.Я. Электрокардиография у юного спортсмена: вариант нормы или патология? / И.Я. Лутфуллин, А.И. Сафина // Практическая медицина. – 2012. – № 7 (62). – С. 67-70.
102. Лысова Н.Ф. Возрастная анатомия, физиология и школьная гигиена / Н.Ф. Лысова, Р.И. Айзман, Я.Л. Завьялова [и др.]. – 2-е изд. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010. – 398 с.
103. Мавлиев Ф.А. Особенности кардиогемодинамики юных хоккеистов 10-11 лет / Ф.А. Мавлиев, Ф.Р. Зотова, А.С. Самсыкин // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2012. – № 11 (93). – С. 81-86.
104. Мавлиев Ф.А. Корреляционные связи кардиогемодинамических и морфологических показателей юных хоккеистов / Ф.А. Мавлиев, Ф.Р. Зотова, А.С. Назаренко [и др.] // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 8 (102). – С. 105-109.
105. Мавлиев Ф.А. Реакция кардиореспираторной системы на физическую нагрузку у хоккеистов / Ф.А. Мавлиев, А.С. Назаренко // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Том 16. – № 2. – С. 27-31.
106. Макарова Г.А. Практическое руководство для спортивных врачей / Г.А. Макарова. – Ростов-на-Дону: Изд-во Баро-пресс, 2002. – 800 с.
107. Макарова Г.А. Справочник детского спортивного врача: клинические аспекты / Г.А. Макарова. – М.: Советский спорт, 2008. – 440 с.
108. Макарова Г.А. Электрокардиограмма спортсмена: норма, патология и потенциально опасная зона / Г.А. Макарова, Т.С. Гуревич, Е.Е. Ачкасов [и др.]. – М.: Спорт, 2018. – 256 с.

109. Маркосян А.А. Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков / Под ред. акад. А.А. Маркосяна; Ин-т возрастной физиологии АПН СССР. – Москва : Медицина, 1969. – 575 с.
110. Мартиросов Э.Г. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе / Э.Г. Мартиросов, С.Г. Руднев, Д.В. Николаев. – М.: Физическая культура, 2010. – 120 с.
111. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры / Л.П. Матвеев. – 4-е изд. – Москва : Издательство «Спорт», 2021. – 520 с.
112. Медико-биологическое обеспечение подготовки хоккеистов / Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев, Ю.Д. Винничук [и др.]; под редакцией Л.М. Гуниной. – 2-е изд. – Москва : Издательство «Спорт», 2020. – 360 с.
113. Медицинское и медико-биологическое обеспечение спорта высших достижений: итоги и перспективы развития Центра лечебной физкультуры и спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства: Монография / Колл. авт.; под ред. В.В. Уйба, Ю.В. Мирошниковой, А.С. Самойлова. – Тула: Аквариус, 2014. – 608 с.
114. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина. – 1988. – 256 с.
115. Меркулова Р.А. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов / авт.-сост. Р.А. Меркулова. – М.: Советский спорт, 2012. – 186 с.
116. Методические рекомендации по разработке научно-обоснованных модельных характеристик подготовки спортсмена по виду спорта, имеющих прикладное значение (утв. Минспортом России 03.07.2020) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-razrabotke-nauchno-obosnovannykh-modelnykh-kharakteristik-podgotovki-sportsmena>.
117. Миллер Л.Л. Спортивная медицина / Л.Л. Миллер. – Москва : Человек, 2015. – 184 с.
118. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Изд. второе, перераб. и доп. / В.М. Михайлов. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.

119. Михайлов В.М. Пределы физиологической нормы параметров variability сердечного ритма здоровых подростков 14-16 лет в зависимости от пола и уровня тренированности / В.М. Михайлов, О.М. Филькина, Т.Г. Шанина // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2009. – № 3. – С. 67-73.
120. Национальная программа спортивной подготовки по виду спорта «хоккей» / В.А. Третьяк, Р.Б. Ротенберг, П.В. Буре [и др.]. – М., 2020. – 316 с.
121. Никитушкин В.Г. Современная подготовка юных спортсменов: Методическое пособие / В.Г. Никитушкин. – М., 2009. – 116 с.
122. Никонов Ю.В. Система подготовки хоккеистов высокой квалификации / Ю.В. Никонов // Наука в олимпийском спорте. – 2009. – № 2 – С. 79-86.
123. Орджоникидзе З.Г. Физиология футбола / З.Г. Орджоникидзе, В.И. Павлов; Российский футбольный союз, Региональная общественная орг. Об-ние отечественных тренеров по футболу. – Москва: Человек, 2008. – 240 с.
124. Осколкова М.К. Электрокардиография у детей / М.К. Осколкова, О.О. Куприянова. – 2-е изд., доп. и испр.. – Москва : Медпресс-информ, 2004. – 351 с.
125. Павлов С.Е. Адаптация / С.Е. Павлов. – М.: «Паруса». – 2000. – 282 с.
126. Павлов С.Е. «Секреты» подготовки хоккеистов / С.Е. Павлов. – М: Физкультура и спорт, 2009. – 224 с.
127. Павлова Н.В. Модельные характеристики подготовленности юных хоккеистов в процессе многолетней спортивной подготовки / Н.В. Павлова, О.С. Антипова, Е.А. Реуцкая [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2017. – №1 (143). – С. 149-153.
128. Павлова Н.В. Оценка физической работоспособности хоккеистов в процессе многолетней подготовки / Н.В. Павлова, Е.А. Реуцкая // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2017. – №9 (151). – С. 211-214.
129. Панасюк Т.В. Конституциональные основы совершенствования двигательной функции в юношеском возрасте / Т.В. Панасюк, Р.В. Тамбовцева // Материалы межд. научн.-практ. конф. «Здоровьесберегающие технологии детско-юношеского спорта и физического воспитания в образовательных учреждениях». – Череповец, 2003. – С. 21-27.

130. Панков М.В. Аэробные возможности высококвалифицированных хоккеистов / М.В. Панков // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 5. – С. 54-58.
131. Панков М.В. Исследование физической работоспособности и функционального состояния хоккеистов высокой квалификации в подготовительном периоде годичного цикла тренировки / М.В. Панков // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 3. – С. 57-60.
132. Панков М.В. Структура функциональных возможностей хоккеистов на этапах совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства / М.В. Панков, Г.Н. Семаева, Т.П. Квашук // Вестник спортивной науки – 2013. – № 2. – С. 56-60.
133. Панкова Н.Б. Региональные особенности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у подростков / Н.Б. Панкова, И.Б. Алчинова, А.Б. Черепов [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2008. – № 1. – С. 37-41.
134. Платонов В. Теории адаптации и функциональных систем в развитии системы знаний в области подготовки спортсменов / В. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 1. – С.29-47.
135. Плетнёв А.А. Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы и статокINETической устойчивости хоккеистов-любителей: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01. / Плетнёв Артем Александрович. – Челябинск, 2010. – 22 с.
136. Плотников А.В. Функциональная подготовленность хоккеистов 17-19 лет в подготовительном периоде на специально-подготовительном этапе / А.В. Плотников // Научно-теоретический журнал «Ученые записки» – 2009. – № 8 (54). – С. 102-106.
137. Погодина С.В. Проблемы адаптации и функционального состояния высококвалифицированных спортсменов разного пола и возраста: монография / С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц. – Краснодар: Изд-во: КГУФКСТ, 2020 – 327 с.
138. Потапова Т.В. Адаптивно-компенсаторные реакции организма юных спортсменов на нагрузки прогрессивной тренировки и восстановления: Монография. / Т.В. Потапова, В.В. Эрлих, А.М. Мкртумян – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2008. – 344 с.

139. Пушкарь Ю.Т. Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его метрологические возможности / Ю.Т. Пушкарь, В.М. Большов, Н.А. Елизарова // Кардиология. – 1977. – № 7. – С. 85-89.
140. Псеунок А.А. Адаптация: Сердечный ритм: Монография / А.А. Псеунок, М.А. Муготлев. – Майкоп: ООО «Качество», 2009. – 68 с.
141. Псеунок А.А. Особенности адаптации к тренировкам юных спортсменов, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта / А.А. Псеунок, М.А. Муготлев, М.Н. Силантьев // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 1. – С. 13-15.
142. Пьянзин, А. И. Закономерности формирования функциональных систем при адаптации организма спортсмена к нагрузкам / А. И. Пьянзин, А. А. Кузьмин, Н. Н. Пьянзина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – Т. 9, № 1. – С. 130-136.
143. Рахимов М.И. Показатели физического развития детей и подростков 5-16 лет / М.И. Рахимов // Вестник ТГГПУ. – 2011, № 2 (24). – С. 57-59.
144. Рубанович В.Б. Морфофункциональное развитие детей и подростков разных конституциональных типов в зависимости от двигательной активности: автореф. дис. докт. мед. наук: 03.00.13 / Рубанович Виктор Борисович. – Томск, 2004. – 50 с.
145. Савин В.П. Теория и методика хоккея / В.П. Савин. – М.: Альянс, 2021. – 397 с.
146. Савицкий Н.Н. Биологические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н.Н. Савицкий. – Л.: Медицина, 1974. – 311 с.
147. Сальников В.А. Индивидуальные особенности возрастного развития: монография / В.А. Сальников. – Омск: СибАДИ, 2013. – 411 с.
148. Самсонова А.В. Показатели возраста и физического развития высококвалифицированных хоккеистов различного амплуа / А.В. Самсонова, Л.В. Михно // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 8 (102). – С. 152-157.
149. Самсыкин А.С. Уровень общей и специальной физической подготовленности хоккеистов 13-15 лет / А.С. Самсыкин // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2016. – №2. – С.177-182.

150. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Велоэргометрия – общая и скоростно-силовая выносливость (Экспресс оценка физической работоспособности, функциональных резервов и процессов восстановления) №2007611219 от 22.03.2007 / Л.Г. Харитонова, С.В. Нопин. // Программы для ЭВМ (офиц. бюл.). – 2007. – № 2(59). – Ч.2. – С. 283.
151. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме: Пер. с англ. / Г. Селье– Л.: Медгиз, 1960. – 254с.
152. Селиверстова В.В. Резервные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной системы спортсменов-хоккеистов 18-22 лет / В.В. Селиверстова, Д.С. Мельников // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 1(131). – С. 205-208.
153. Сергеев А.В. Дифференцированная методика силовой и скоростно-силовой подготовки юных хоккеистов разных игровых амплуа на этапе спортивного совершенствования: дисс. канд. пед. наук / А.В. Сергеев. – Малаховка, 2010. – 158 с.
154. Сергиенко Л.П. Спортивный отбор: теория и практика: монография / Л.П. Сергиенко. – М.: Советский спорт, 2013. – 1048 с.
155. Симонова Н.А. Характеристика иммунного статуса юных хоккеистов пубертатного возраста / Н.А. Симонова, Н.П. Петрушкина, Е.В. Жуковская [и др.] // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2021. – Т. 23. – № 6. – С. 114-121.
156. Соколов Г.В. Возрастное развитие резервных и адаптивных возможностей системы дыхания / Г.В. Соколов, Т.Д. Кузнецова, И.П. Самбирова // Физиология развития ребенка. – М.: Медицина, 2000. – С. 167-184.
157. Солодков А.С. Некоторые итоги исследований физиологической адаптации в спорте / А.С. Солодков // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 10. – С.42-44.
158. Солодков А.С. История и современное состояние проблемы адаптации в спорте / А.С. Солодков // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6 (100). – С. 123-130.
159. Соломка Т.Н. Особенности адаптации кардиореспираторной системы к физическим нагрузкам у юных футболистов 9-16 лет с разным типом гемодинамики:

автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Соломка Татьяна Николаевна. – Курган. – 2009. – 23 с.

160. Соломка Т.Н. Физическая подготовленность и морфофункциональные резервы организма юных футболистов: монография / Т.Н. Соломка, И.В. Аверьянов, В.А. Блинов; под общ. ред. Л.Г. Харитоновой. – Омск: Изд-во: СибГУФК, 2011. – 148 с.

161. Сонькин В.Д. Адаптивные возможности скелетных мышц в постнатальном онтогенезе / В.Д. Сонькин, И.А. Корниенко, Р.В. Тамбовцева. // Физиология мышечной деятельности: Тез. докл. Международ. конф. – М., 2000. – С. 140-141.

162. Спортивная метрология / Под общ. ред. В.М. Зациорского. – М.: ФиС. – 1982. – 256 с.

163. Стельникова И.Г. Надпочечники при адаптации организма к длительным нагрузкам и гипокинезии (экспериментально-морфологическое исследование): автореф. дис. на соиск. .... д-ра. мед. наук: 14.00.02 / Стельникова Ирина Геннадьевна. – М., 2007. – 48 с.

164. Судаков К.В. Системная организация функций человека: теоретические аспекты / К.В. Судаков // Успехи физиол. наук. – 2000. – Т. 31. – № 1. – С. 81-96.

165. Сурина-Марышева Е.Ф. Физическое развитие юных хоккеистов / Е.Ф. Сурина-Марышева, В.В. Эрлих, Ю.Б. Кораблева [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, №4. – С. 21-31.

166. Сурина-Марышева Е.Ф. Взаимосвязь параметров физического развития хоккеистов 11-12 лет с перспективами спортивного отбора в молодежный хоккей / Е.Ф. Сурина-Марышева, Ю.Б. Кораблева, С.А. Кантюков [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, №3. – С. 67-75.

167. Сурина-Марышева Е.Ф. Особенности вариабельности ритма сердца элитных хоккеистов 15-16 лет и успешность спортивного отбора в молодежный хоккей с шайбой / Е.Ф. Сурина-Марышева, В.В. Эрлих, И.В. Медведева [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 31, №4. – С. 47-51.

168. Сурина-Марышева Е.Ф. Вариабельность ритма сердца и физическое развитие хоккеистов 9-16 лет / Е.Ф. Сурина-Марышева, В.В. Эрлих, Е.Н. Ермолаева // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 100-106.

169. Суханов А.А. Понятие адаптации: два дискуссионных вопроса / А.А. Суханов // Гуманитарный вектор. Серия: Педагогика, психология. – 2015. – № 1 (41). – С. 104-110.
170. Тамбовцева Р.В. Физиологические основы развития двигательных качеств / Р.В. Тамбовцева // Новые исследования. – 2011. – №1 (26). – С. 5-14.
171. Таминова И.Ф. Оценка аэробного энергообразования и уровня физической работоспособности по результатам велоэргометрии у высококвалифицированных спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / И.Ф. Таминова, Н.П. Гарганеева, И.Н. Ворожцова // Сибирский медицинский журнал. – 2008, № 2. – С. 66-69.
172. Тимакова Т.С. Факторы спортивного отбора или Кто становится олимпийским чемпионом : монография / Т.С. Тимакова. – Москва : Издательство «Спорт», 2018. – 288 с.
173. Тихвинский С.Б. Детская спортивная медицина / Под ред. С.Б. Тихвинского, С.В. Хрущева. – Руководство для врачей. – 2-е изд. – М.: Медицина, 1991. – 560 с.
174. Тугуз А.Р. Динамики функционального состояния дыхательной системы и физической работоспособности мальчиков и юношей 11-19 лет при различных режимах двигательной активности / А.Р. Тугуз, Т.Г. Петрова, А.Г. Заболотный, К.Д. Чермит // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2(19). – Режим доступа: <http://https://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/2022-2/tuguz2022>.
175. Тупицын И.О. Развитие системы кровообращения / И.О. Тупицын, И.Г. Андреева, Н.В. Безобразова [и др.] // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – Москва : НПО "Образование от А до Я", 2000. – С. 148-166.
176. Турманидзе А.В. Влияние аэробных и скоростно-силовых нагрузок на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы бадминтонистов различной спортивной квалификации: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.03.11 / Турманидзе Антон Валерьевич. – Москва, 2016. – 22 с.
177. Турова Е.А. Структура эндокринных заболеваний у спортсменов / Е.А. Турова, Е.А. Теняева, В.А. Бадтиева [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 4. – С. 53-58.

178. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костил / пер. с англ. – Киев: «Олимпийская литература», 2001. – 503 с.
179. Урюпин Н.Н. Общая и специальная подготовленность хоккеистов: методическое руководство для тренеров национальных сборных команд / под общ. ред. В.А. Третьяка. – М.: 2014. – 34 с.
180. Фарбер Д.А. Методологические аспекты изучения физиологического развития ребенка / Д.А. Фарбер, М.М. Безруких // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 5. – С. 8-16.
181. Фарфель В.С. Управление движениями в спорте / В.С. Фарфель. – М.: Советский спорт. – 2011. – 202 с.
182. Федеральный закон от 04.12.2007 N 329-ФЗ "О физической культуре и спорте в Российской Федерации". – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/26631>.
183. Федеральный стандарт спортивной подготовки по виду спорта хоккей: приказ Министерства спорта Российской Федерации от 15 мая 2019 г. №373. – Саратов: Вузовское образование, 2019. – 30 с. – Текст: электронный. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/87584.html>.
184. Федоров А.И. Особенности вегетативной и эндокринной регуляции процессов адаптации учащихся к условиям среды в различные возрастные периоды: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.13 / Федоров Александр Иванович. – Томск. – 2008. – 29 с.
185. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): практическое руководство / под ред. А.А. Баранова, Л.А. Щеплягиной. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2006. – Т. 2. – 464 с.
186. Фомин Н.А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы: монография / Н.А. Фомин. – М.: Теория и практика физической культуры, 2003. – 383 с.
187. Халявкина И.О. Индивидуально-типологические особенности гемодинамики в юношеском возрасте / И.О. Халявкина // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2017. – № 1. – С. 38-44.

188. Хаматова Р.М. Типологические особенности кровообращения у детей 8-16 лет: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Хаматова Резеда Минекасимовна. – Казань. – 2000. – 24 с.
189. Харитоновна Л.Г. Типы адаптации в спорте: монография / Л.Г. Харитоновна. – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2016. – 256 с.
190. Чермит К.Д. Возрастные изменения показателей гармоничности физического развития на отрезке восходящего онтогенеза 11-19 лет в зависимости от уровня двигательной активности / К.Д. Чермит, А.Р. Тугуз, Т.Г. Петрова, А.Г. Заболотный // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2(19). – Режим доступа: <https://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/2022-2/chermit2022>.
191. Чимаров В.М. Анализ кардиоинтервалограмм у детей (Математико-статистические показатели и подходы к их физиологической интерпретации) / В.М. Чимаров, В.И. Крылов: Методические рекомендации. – Тюмень, 1988. – 15 с.
192. Чинкин А.С. Физиология дыхания / А.С. Чинкин, Ю.П. Денисенко. – Набережные Челны: КамГИФК, 2000. – 80с.
193. Шайхелисламова М.В. Состояние гемодинамики у юных хоккеистов в пре- и пубертатный периоды развития / М.В. Шайхелисламова, Ф.Г. Ситдилов, Т.Л. Зефирова [и др.] // Физиология человека. – 2015. – Том 41, №4. – С. 91-99.
194. Шайхелисламова М.В. Состояние коры надпочечников у юных хоккеистов пубертатного возраста / М.В. Шайхелисламова, Ф.Г. Ситдилов, Н.Б. Дикопольская [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2016. – №4. – С. 14-17.
195. Шайхелисламова М.В. Особенности гемодинамики у юных хоккеистов / М.В. Шайхелисламова, Ф.Г. Ситдилов, Н.Б. Дикопольская [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2017. – №8. – С. 28-30.
196. Шайхелисламова М.В. Физиологические особенности полового созревания детей в условиях повышенных физических нагрузок / М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Г.А. Билалова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2018. – Том 97, №9. – С. 864-868.

197. Шангареева Г.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма у юных хоккеистов олимпийского резерва / Г.Н. Шангареева // Медицинский вестник Башкортостана. – 2014. – Том 9, № 1. – С. 49-52.
198. Шаханова А.В. Влияние расширенного двигательного режима на онтогенетическое развитие и физическую подготовленность детей и подростков: автореф. дисс. . докт. биол. наук / Шаханова Ангелина Владимировна. – Москва. – 1998. – 50 с.
199. Шаханова А.В. Игровые виды спорта и перспективы развития регуляторно-адаптивного статуса детей и подростков: монография / А.В. Шаханова, А.А. Кузьмин. – Майкоп: АГУ, 2015. – 223 с.
200. Шаханова А.В. Теория функциональных систем как методологическая основа поддержания в организме оптимальный для метаболизма уровень функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем / А.В. Шаханова, А.Х. Агиров, А.В. Митина [и др.] // Биосфера и человек: материалы Международной научно-практической конференции. – Майкоп, 2019. – С.438-441.
201. Шварц В.Б. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора / В. Б. Шварц, С. В. Хрущев. - М. : Физкультура и спорт, 1984. – 151 с.
202. Шемердяк А.В. Физиологические и метаболические характеристики процессов адаптации и дезадаптации организма спортсменов высокой квалификации (на примере игровых видов спорта): автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Шемердяк Александр Всеволодович. – Омск, 2005. – 22 с.
203. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография / Н.И. Шлык. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 255 с.
204. Шлык Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик вариабельности ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Том 42. – №6. – С.81-91.
205. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии: Избр. тр. / И.И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1982. – 383 с.

206. Щедрина А.Г. Онтогенез и теория здоровья: Методологические аспекты / А.Г. Щедрина. – Новосибирск, 2003. – 164с.
207. Эндокринная система, спорт и двигательная активность: пер. с англ. / под ред. У.Дж. Кремера, А.Д. Рогола. – К.: Олимпийская литература. – 2008. – 600 с.
208. Эрлих В.В. Полифункциональная оценка психофизиологического потенциала и уровня здоровья юных спортсменов 13-18 лет / В.В. Эрлих, С.А. Личагина, В.Р. Юмагуен [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2005. – № 4-1. – С. 124-126.
209. Эрлих В.В. Состояние кардиогемодинамики, физической подготовленности и морфофункциональных показателей юных пловцов 12-16 лет / В.В. Эрлих // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2007. – № 2 (74). – Вып. 10. – С. 102-104.
210. Якобашвили В.Я. Сердце в условиях спортивной деятельности: физиологические и врачебно-педагогические аспекты: пособие для физиологов и врачей, работающих в области физической культуры и спорта / В.Я. Якобашвили, Г.А. Макарова, М.Л. Игельник [и др.]. – М.: Советский спорт. – 2006. – 234 с.
211. Яковлева Л.В. Состояние адаптационных реакций организма у юных хоккеистов олимпийского резерва / Л.В. Яковлева, С.Х. Юмалин, Г.Н. Шангареева // Лечебная физкультура и спортивная медицина – 2013. – № 2 (110). – С. 11-15.
212. Яковлева Л.В. Вариабельность сердечного ритма и психологические особенности юных хоккеистов в спорте высших достижений / Л.В. Яковлева, Г.Н. Шангареева // Практика педиатра. – 2016. – № 4. – С. 11-17.
213. Яковлева Л.В. Функциональное состояние миокарда по данным эхокардиографии у юных хоккеистов в спорте высоких достижений / Л.В. Яковлева, С.Х. Юмалин, Р.М. Кофман // Вестник Башкирского государственного медицинского университета. – 2016. – Приложение № 4. – С. 149-153.
214. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость / П. Янсен // Пер. с англ. – Мурманск: Изд-во «Тулома», 2018. – 160 с.

215. Allisse M. Morphological, Physiological and Skating Performance Profiles of Male Age-Group Elite Ice Hockey Players / M. Allisse, P. Sercia, A.-S. Comtois, M. Leone // *Journal of Human Kinetics*. – 2017. – V. 58. – № 1. – P. 87-97.
216. Antons N. Antropometrische Charakteristika von Eishockeyspielern und Deren Verletzungen aus den Deutschen Profi-Ligen, der NHL und der CHL: Dissert. der doktorwurde Der Universitat zu Koln, 2013. – 74 p.
217. Bergeron M.F. International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development / M.F. Bergeron, M. Mountjoy, N. Armstrong [et al.] // *British Journal of Sports Medicine*. – 2015. – V.49. – № 13. – P. 843-851.
218. Billman G.E. Counterpoint: Exercise training-induced bradycardia: the case for enhanced parasympathetic regulation / G.E. Billman // *Journal of Applied Physiology*. – 2017. – V. 123. – № 3. – P. 686-688.
219. Bjerring A.W. Morphological changes and myocardial function assessed by traditional and novel echocardiographic methods in preadolescent athlete's heart / A.W. Bjerring, H.E.W. Landgraff [et al] // *European Journal of Preventive Cardiology*. – 2018. – V. 25. – № 9. – P. 1000-1007.
220. Black S. Pediatric Sports Specialization in Elite Ice Hockey Players / S. Black, K. Black, A. Dhawan [et al.] // *Sports Health*. – 2019. – V. 11 (1). – P. 64-68.
221. Bompa T.O. Periodization: theory and methodology of training / T.O. Bompa, G.G. Haff. – *Human Kinetics*, 2009. – 411 p.
222. Castanheira J. Cardiac remodeling indicators in adolescent athletes / J. Castanheira, J. Valente-dos-Santos, D. Costa [et al.] // *Rev. Assoc. Med. Bras*. – 2017. – V. 63. – № 5. – P. 427-434.
223. Cavarretta E. Reference values of left heart echocardiographic dimensions and mass in male peri-pubertal athletes / E. Cavarretta, F. Maffessanti, F. Sperandii [et al.] // *European Journal of Preventive Cardiology*. – 2018. – V. 25. – № 11. – P. 1204-1215.
224. Chiarlitti N.A. Importance of Body Composition in the National Hockey League Combine Physiological Assessments / N.A. Chiarlitti, P. Delisle-Houde, R.E.R. Reid [et al.] // *J Strength Cond Res*. – 2018. – V. 32 (11). – P. 3135-3142.

225. Corrado D. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes / D. Corrado, C. Basso, M. Schiavon [et al.] // *Dialogues in Cardiovascular Medicine*. – 2002. – V. 7 – № 3. – P. 196.
226. Corrado D. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete / D. Corrado, A. Pelliccia, H. Heidbuchel [et. al.] // *Eur. Heart. J.* – 2010. – V. 31. – № 2. – P. 243-259.
227. Devereux R.B. Left ventricular geometry, pathophysiology and prognosis / R.B. Devereux // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 1995. – V. 25. – P. 885-887.
228. Dong J-G. The role of heart rate variability in sports physiology / J-G. Dong // *Exp Ther Med.* – 2016. – V. 11 (5). – P. 1531-1536.
229. Fagard R. Athlete's heart / R. Fagard // *Heart (British Cardiac Society)*. – 2003. – V. 89. – №12. – P.1455-1461.
230. Ferguson C. Effects of prior very-heavy intensity exercise on indices of aerobic function and high-intensity exercity tolerance / C. Ferguson, B.J. Whipp, A.J. Cathcart [et al.] // *J. Appl. Physiol.* – 2007. – V. 103. – P. 812-822.
231. Galazka-Franta A. Upper Respiratory Tract Diseases in Athletes in Different Sports Disciplines / A. Galazka-Franta, E. Jura-Szoltys, W. Smolka [et al.] // *J Hum Kinet.* – 2016. – V. 53. – P. 99-106.
232. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. – 1996. – V. 93. – P. 1043-1065.
233. Hoff J. Soccer specific aerobic endurance training / J. Hoff, V. Wisloff, L. Engen [et al] // *Br. J. Sports Med.* – 2002. – V. 36 (3). – P. 218-221.
234. Kepezenas A. Influence of different-type physical loads on adolescents' autonomic heart rate control / A. Kepezenas, A. Vilkas, G. Varoneckas // *Jornal of human kinetics*. – 2003. – V. 9. – P. 73.
235. Kippelen P. Respiratory health of elite athletes – preventing airway injury: a critical review / P. Kippelen, K.D. Fitch, S.D. Anderson [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2012. – V. 46 (7). – P.471-476.

236. Kokinda M. Analysis of age-related changes of anaerobic power in ice hockey / M. Kokinda, R. Kandráč, P. Čech // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2020. – V. 20 (6). – P. 3546-3552.
237. Kubicek W.G. Development and evaluation of an impedance cardiac output system / W.G. Kubicek, J.N. Karnegis, R.P. Patterson // *Aerospace Med*. – 1966. – V. 37. – P. 1208-1212.
238. Lang R.M. Recommendations for chamber quantification / R.M. Lang, M. Bierig, R.B. Devereux [et. al.] // *European Journal of Echocardiography*. – 2006. – V. 7. – № 2. – P. 79-108.
239. Lau S. Comparison of Active and Passive Recovery of Blood Lactate and Subsequent Performance of Repeated Work Bouts in Ice Hockey Players / S. Lau, K. Berg, R.W. Latin [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2001. – № 15 (3). – P. 367-371/
240. Lazovic B. Respiratory adaptations in different types of sport / B. Lazovic, S. Mazic, J. Suzic-Lazic [et al.] // *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. – 2015. – V. 19 (12). – P. 2269-2274.
241. Leiter J.R. Aerobic Development of Elite Youth Ice Hockey Players / J.R. Leiter, D.M. Cordingley, P.B. MacDonald // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2015. – V. 29. – № 11. – P. 3223-3228.
242. Leiter J.R. Development of Anaerobic Fitness in Top-Level Competitive Youth Ice Hockey Players / J.R. Leiter, D.M. Cordingley, P.B. MacDonald // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2018. – V. 32. – № 9. – P. 2612-2615.
243. Leuppi J.D. High prevalence of bronchial hyperresponsiveness and asthma in ice hockey players / J.D. Leuppi, M. Kuhn, C. Comminot [et al.] // *European Respiratory Journal*. – 1998. – № 12. – P. 13-16.
244. Li Zh. A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress / Zh. Li, H. Sneider, Sh. Su [et al.] // *International Journal of Psychophysiology*. – 2009. – V. 73. – № 3. – P. 212-217.
245. Lumme A. Airway inflammation, bronchial hyperresponsiveness and asthma in elite ice hockey players / A. Lumme, T. Haahtela, J. Ounap [et al.] // *European Respiratory Journal*. – 2003. – № 22 (1). – P. 113-117.

246. Maron B.J. Profile and frequency of sudden death in 1463 young competitive athletes: From a 25 year U.S. national registry: 1980-2005 / B.J. Maron // *Circulation*. – 2006. – V. 114. – № 11. – P. 830.
247. Mazic S. Respiratory parameters in elite athletes – does sport have an influence? / S. Mazic, B. Lazovic, M. Djelic [et al.] // *Revista Portuguesa de Pneumologia*. – 2015. – V. 21. – № 4. – P. 192-197.
248. Mitchell J.H. Task Force 8: classification of sports / J.H. Mitchell, W. Haskell, P. Snell [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2005. – № 45 (8). – P. 1364–1367.
249. Miura A. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry / A. Miura, H. Sato, H. Sato [et al.] // *Ergonomics*. – 2000. – V. 43. – P. 133-141.
250. Montgomery D.L. Physiology of Ice Hockey / D.L. Montgomery // *Journal of Sports Medicine*. – 1988. – № 5 (2). – P. 99-126.
251. Montgomery D.L. Physiological profile of professional hockey players – a longitudinal comparison / D.L. Montgomery // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. – 2006. – V. 31. – № 3. – P. 181-185.
252. Pentikäinen H. Resting Electrocardiogram and Blood Pressure in Young Endurance and Nonendurance Athletes and Nonathletes / H. Pentikäinen, K. Toivo, S. Kokko [et al.] // *J Athl Train*. – 2021. – V. 56. – № 5. – P. 484-490.
253. Polevshchikov M.M. A Technology for Technical Preparation of Young Athletes in Team Sports / M.M. Polevshchikov, V.E. Afonshin, V.V. Rozhentsov // *European Journal of Physical Education and Sport*. – 2014. – V. 3. – № 1. – P. 54-57.
254. Potteiger J.A. Relationship between body composition, leg strength, anaerobic power, and on-ice skating performance in division I men's hockey athletes / J.A. Potteiger, D.L. Smith, M.L. Maier [et al.] // *J Strength Cond Res*. – 2010. – № 24 (7). – P. 1755-1762.
255. Quinney H.A. 26 year physiological description of a National Hockey League team / H.A. Quinney, R. Dewart, A. Game [et al.] // *Appl. Physiology*. – 2008. – V. 33. – P. 753-758.

256. Rave G. Heart Rate Variability is Correlated with Perceived Physical Fitness in Elite Soccer Players / G. Rave, H. Zouhal, D. Boulosa [et al.] // *J Hum Kinet.* – 2020. – V. 72. – P. 141-150.
257. Roczniok R. Physiological, physical and on-ice performance criteria for selection of elite ice hockey teams / R. Roczniok, A Stanula, A Maszczyk [et al.] // *Biol Sport.* – 2016. – V. 33 (1). – P. 43-48.
258. Sekine Y. Longitudinal Age-Related Morphological and Physiological Changes in Adolescent Male Basketball Players / Y. Sekine, S. Hoshikawa, N. Hirose // *J Sports Sci Med.* – 2019. – V. 18 (4). – P. 751-757.
259. Shaffer F. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms [Электронный ресурс] / F. Shaffer, J.P. Ginsberg // *Front Public Health.* – 2017. – V. 5. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5624990>.
260. Sharma S. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in junior elite athletes: Relevance to differential diagnosis of athletes heart and hypertrophic cardiomyopathy / S. Sharma, B.J. Maron, S. Firoozi [et al.] // *J. Amer. Coll. Cardiology.* – 2002. – V. 40 (8). – P. 1431-1436.
261. Sharma S. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes / S. Sharma, J.A. Drezner, A. Baggish [et al.] // *European Heart Journal.* – 2018. – V. 39. – №. 16. – P. 1466-1480.
262. Stapelberg N.J. Mind and Heart: Heart Rate variability in Major Depressive Disorder and Coronary Heart Disease – a Review and Recommendations // N.J. Stapelberg, I. Hamilton Craig, D.L. Neumann [et al.] // *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry.* – 2012. – V. 46. – № 10. – P. 946-957.
263. Teichholz L.E. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence of absence of asynergy / L.E. Teichholz, T. Kreulen, M.V. Herman [et al.] // *American Journal of Cardiology.* – 1976. – Vol. 37. – P. 7-11.
264. The International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Periodic Health Evaluation of Elite Athletes // *Br. J. Sports Med.* – 2009. – V. 43. – P. 631-643.

265. Thunqvist P. Asthma in children exposed to nitrogen dioxide in ice arenas / P. Thunqvist, G. Lilja, M. Wickman [et al.] // *European Respiratory Journal*. – 2002. – V. 20. – P. 646-650.
266. Toong T. Grip Strength in Youth Ice Hockey Players: Normative Values and Predictors of Performance / T. Toong, K.E. Wilson, K. Urban [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2018. – V. 32. – № 12. – P. 3494-3502.
267. Toselli S. Body Composition and Physical Health in Sports Practice: An Editorial [Электронный ресурс] / S. Toselli // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2021. – V. 18 (9). – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/9/4534/htm>.
268. Toselli S. Differences in Maturity and Anthropometric and Morphological Characteristics among Young Male Basketball and Soccer Players and Non-Players [Электронный ресурс] / S. Toselli, F. Campa, P.M. Latessa [et al.] // *Int J Environ Res Public Health*. – 2021. – V. 18 (8). – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33917743>.
269. Toufan M. Assessment of electrocardiography, echocardiography, and heart rate variability in dynamic and static type athletes / M. Toufan, M. Kazemi, F. Akbarzadeh [et al.] // *International Journal of General Medicine*. – 2012. – V. 5. – P. 655-660.
270. Triplett A.N. Changes in collegiate ice hockey player anthropometrics and aerobic fitness over 3 decades / A.N. Triplett, A.C. Ebbing, M.R. Green [et al.] // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. – 2018. – V. 43. – № 9. – P. 950-955.
271. Vescovi J.D. Positional performance profiling of elite ice hockey players / J.D. Vescovi, T.M. Murray // *International Journal of Sports Physiology Performance*, 2006. – V. 1. – № 2. – P. 84-94.
272. Vigh-Larsen J.F. Fitness Characteristics of Elite and Subelite Male Ice Hockey Players: A Cross-Sectional Study / J.F. Vigh-Larsen, J.Y. Beck, A. Daasbjerg [et al.] // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2019. – V. 33. – № 9. – P. 2352-2360.
273. Ward S.A. Supraspinal locomotor centers do: do not contribute significantly to the hyperpnea of dynamic exercise in humans / S.A. Ward, B.J. Whipp // *J. Appl. Physiol.* – 2006. – V. 100. – P. 1077-1079.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Таблица 1 – Корреляционная матрица, отражающая достоверные межсистемные взаимосвязи абсолютной и относительной аэробной и анаэробной работоспособности, аэробных возможностей с показателями относительного покоя у хоккеистов 11-12 лет ( $p < 0,05$ )

Показатели	PWC <sub>170</sub>	МПК	W <sub>суб</sub>
Масса тела	0,517	0,558	0,604
Длина тела	0,617	0,632	0,660
Длина ноги	0,778	0,712	0,779
Длина руки	0,801	0,765	0,740
Обхват запястья	0,700	0,641	0,507
ОГК вдох			0,377
Динамометрия левой руки		0,478	0,578
Динамометрия становая	0,438	0,639	0,715
Поверхность тела	0,566	-0,433	
Частота дыхания	-0,413	0,489	
ДО	0,440		
МОД		0,554	0,557
ЖЕЛ	0,454		
Ровд			0,463
Ровыд			0,464
Проба Генчи	0,741	0,672	
Проба Штанге		0,533	0,575
ПТМвдоха	0,508	0,578	0,622
ПТМвыдоха	0,533		
МОК	-0,391		0,404
ОПСС		0,371	
УПСС	0,386		
ТР	0,766	0,415	0,817
VLF	0,455	0,562	0,869
LF	0,539	0,906	0,990
HF	0,886	-0,814	-0,743
LF/HF	-0,969	-0,853	-0,913
VLF%	-0,998	-0,752	-0,450
LF%	-0,814	0,891	0,721
HF%	0,961	-0,989	-0,807

Таблица 2 – Корреляционная матрица, отражающая достоверные межсистемные взаимосвязи абсолютной и относительной аэробной и анаэробной работоспособности, аэробных возможностей с показателями относительного покоя у хоккеистов 13-14 лет ( $p < 0,05$ )

Показатели	PWC <sub>170</sub>	МПК	W <sub>cyб</sub>
Масса тела	0,848	0,796	0,726
Длина тела	0,750	0,686	0,689
Длина ноги	0,605	0,565	0,414
Длина руки	0,767	0,729	0,649
Обхват запястья	0,650	0,577	0,505
ОГК пауза	0,867	0,834	0,854
ОГК вдох	0,825	0,805	0,833
ОГК выдох	0,867	0,837	0,820
Динамометрия правой руки	0,617	0,639	0,831
Динамометрия левой руки	0,658	0,711	0,742
Динамометрия станова	0,737	0,791	0,705
Поверхность тела	0,842		
МОД		0,627	0,638
ЖЕЛ	0,657	0,591	0,601
Ровд	0,640		
Ровыд		0,568	0,728
МВЛ	0,591		0,439
Проба Генче	0,658	0,456	
Проба Штанге		0,586	0,745
ПТМвдоха	0,616	0,696	0,648
ПТМвыдоха	0,678	-0,380	-0,394
ЧСС	-0,471	0,580	0,527
САД	0,607	0,603	0,577
ДАД	0,650	0,624	0,587
АДср	0,666		
УО	-0,465	-0,443	-0,429
МОК	-0,584	0,633	0,564
ДП	-0,743	-0,619	-0,599
ОПСС	0,721	0,751	0,673
УПСС	0,824	0,453	0,615
МО	0,477		
ТР	0,765	0,915	0,801
VLF	0,869	0,421	
LF		0,595	0,626
HF	0,664		-0,746
LF/HF	-0,563	0,612	0,389
VLF%	0,505	-0,604	-0,882
LF%	-0,740		0,514
HF%			-0,495

Таблица 3 – Корреляционная матрица, отражающая достоверные межсистемные взаимосвязи абсолютной и относительной аэробной и анаэробной работоспособности, аэробных возможностей с показателями относительного покоя у хоккеистов 15-16 лет ( $p < 0,05$ )

Показатели	PWC <sub>170</sub>	МПК	W <sub>суб</sub>
Масса тела	0,545	0,595	0,691
Длина тела	0,531	0,560	0,593
Длина ноги	0,518	0,536	0,509
Длина руки	0,401	0,470	0,561
Обхват запястья	0,594	0,653	0,690
ОГК пауза		0,395	0,461
ОГК вдох		0,422	0,500
ОГК выдох		0,379	0,447
Экскурсия ГК		0,405	0,584
Динамометрия правой руки	0,387		0,572
Динамометрия левой руки		0,392	0,467
Динамометрия станова	0,577	0,596	0,723
Частота дыхания	0,432		
МОД		0,517	0,585
ЖЕЛ	0,484	0,589	0,582
Ровд	0,526		
Ровыд		0,443	0,473
МВЛ	0,433		
Проба Генче	0,657	0,512	
Проба Штанге			0,563
ПТМвдоха	0,481	0,533	0,568
ПТМвыдоха	0,454		
ДП	-0,391	-0,434	-0,585
ОПСС		0,452	0,554
УПСС	0,386		

Таблица 4 – Корреляционная матрица, отражающая достоверные межсистемные взаимосвязи абсолютной и относительной аэробной и анаэробной работоспособности, аэробных возможностей с показателями относительного покоя у хоккеистов 17-18 лет ( $p < 0,05$ )

Показатели	PWC <sub>170</sub>	МПК	W <sub>суб</sub>
Масса тела	0,523	0,561	
Длина тела	0,380	0,372	
Длина ноги	0,481	0,502	
Длина руки	0,391	0,378	
ОГК пауза			0,460
ОГК выдох			0,395
Динамометрия правой руки	0,494	0,439	
Динамометрия левой руки	0,429	0,504	
Динамометрия станова	0,546	0,436	0,381
Частота дыхания	0,714		
МОД		0,417	
ЖЕЛ	0,405		0,382
Проба Генче	0,436	0,546	
Проба Штанге			0,454
ПТМвдоха			0,433
ЧСС			0,461
САД		0,541	
ДАД	0,511	0,471	
АДер	0,451	0,407	
ПД		-0,478	
УО	-0,502		
ОПСС	0,407	0,405	
УПСС	0,399		
МО			0,878
ИН		0,501	-0,461
ТР	0,483	0,548	-0,717
VLF	0,535	0,457	-0,489
HF	0,377		-0,628
LF/HF		0,612	-0,708
VLF%	0,532		
LF%		-0,509	0,692
HF%	-0,480		-0,727

Таблица 5 – Корреляционная матрица, отражающая достоверные межсистемные взаимосвязи абсолютной и относительной аэробной и анаэробной работоспособности, аэробных возможностей с показателями относительного покоя у хоккеистов 19-21 года ( $p < 0,05$ )

Показатели	PWC <sub>170</sub>	МПК	W <sub>суб</sub>
Динамометрия правой руки			-0,427
Ровд		0,431	
Ровыд	0,406		
Проба Штанге		0,383	
ПТМвдоха	0,375		
МО	-0,390		-0,377
ВР		0,549	
ИН	0,525		
HF		-0,407	

Таблица 1 – Шкалы дифференцированной оценки показателей физического развития хоккеистов 11-21 года

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
Масса тела, кг	низкий	35 и менее	42 и менее	56 и менее	72 и менее	76 и менее
	ниже среднего	38 -36	47 – 43	61 – 57	75 – 73	80 – 77
	средний	39 – 47	48 – 59	62 - 72	76 – 84	81 - 88
	выше среднего	48-51	60 -64	73 – 77	85-87	89 – 91
	высокий	51 и более	65 и более	78 и более	88 и более	92 и более
Длина тела, см	низкий	145 и менее	154 и менее	166 и менее	174 и менее	175 и менее
	ниже среднего	148 – 146	158 – 155	170 – 167	177 – 175	177 – 176
	средний	149 - 156	159 – 168	171 – 178	178 – 183	178 – 183
	выше среднего	157 – 160	169 -172	179 - 182	184 - 186	184 -186
	высокий	161 и более	173 и более	183 и более	187 и более	187 и более
Длина руки, см	низкий	61 и менее	66 и менее	71 и менее	73 и менее	73 и менее
	ниже среднего	64 - 62	70 – 67	74 – 72	76 – 74	76 – 74
	средний	65 – 68	71 - 75	75 – 79	77 – 80	77 – 81
	выше среднего	69 – 71	76 - 78	80 – 83	81- 84	82 – 86
	высокий	72 и более	79 и более	84 и более	85 и более	87 и более
Длина ноги, см	низкий	75 и менее	80 и менее	84 и менее	88 и менее	88 и менее
	ниже среднего	78 – 76	83 – 81	87 – 85	91 -89	91 -89
	средний	79 – 82	84 – 88	88 -92	92 – 96	92 – 96
	выше среднего	83 – 85	89 – 92	93 – 96	97 – 99	97 – 99
	высокий	86 и более	93 и более	97 и более	100 и более	100 и более
ОГК покой, см	низкий	64 и менее	66 и менее	77 и менее	90 и менее	92 и менее
	ниже среднего	68 - 65	73 – 67	83 – 78	94 - 91	95 – 93
	средний	69 – 74	74 – 81	84 – 90	95 – 98	96 - 100
	выше среднего	75 - 78	82 - 87	91 – 95	99 - 103	101 - 103
	высокий	79 и более	88 и более	96 и более	104 и более	104 и более

Таблица 2 – Шкалы дифференцированной оценки силовых показателей хоккеистов 11-21 года

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
Динамометрия правой руки, кг	низкий	16 и менее	16 и менее	32 и менее	43 и менее	48 и менее
	ниже среднего	21 – 17	19 – 17	36 – 33	47 – 44	53 – 49
	средний	20 – 24	20 – 27	37 - 45	48 – 56	54 – 63
	выше среднего	25 – 26	28 – 31	46 – 50	57 – 60	64 – 68
	высокий	27 и более	32 и более	51 и более	61 и более	69 и более
Динамометрия левой руки, кг	низкий	14 и менее	14 и менее	29 и менее	40 и менее	48 и менее
	ниже среднего	16 – 15	18 – 15	33 – 30	45 – 41	52 – 49
	средний	17 – 21	19 - 27	34 - 42	46 – 55	53 – 61
	выше среднего	22 – 24	28 – 31	43 – 46	56 – 60	62 – 65
	высокий	25 и более	32 и более	47 и более	61 и более	66 и более
Становая динамометрия, кг	низкий	47 и менее	66 и менее	105 и менее	118 и менее	138 и менее
	ниже среднего	54 – 48	77 -67	114 – 106	130 – 119	149 – 139
	средний	55 – 67	78 - 100	115 – 132	131 – 156	150 – 172
	выше среднего	68 – 73	101 – 111	133 – 141	157 – 168	173 – 182
	высокий	74 и более	112 и более	142 и более	169 и более	183 и более

Таблица 3 – Шкалы дифференцированной оценки показателей гипоксических проб хоккеистов 11-21 года

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
Проба Штанге, с	низкий	36 и менее	46 и менее	57 и менее	67 и менее	77 и менее
	ниже среднего	43 – 37	56 – 47	65 – 58	75 – 68	86 – 78
	средний	44 - 59	57 – 75	66 – 82	76 – 93	87 – 104
	выше среднего	60 - 66	76 – 84	83 – 90	94 - 102	105 – 112
	высокий	67 и более	85 и более	91 и более	103 и более	113 и более
Проба Генчи, с	низкий	13 и менее	20 и менее	21 и менее	22 и менее	26 и менее
	ниже среднего	17 - 14	23 - 21	26 – 22	27 – 23	31 – 27
	средний	18 - 27	24 – 30	27 – 37	28 – 39	32 – 43
	выше среднего	28 – 31	31 – 34	38 – 43	40 – 44	44 – 48
	высокий	32 и более	35 и более	44 и более	45 и более	49 и более

Таблица 4 – Шкалы дифференцированной оценки показателей внешнего дыхания хоккеистов 11-21 года в условиях относительного покоя

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
Частота дыхания, кол-во/мин	низкий	29 и более	26 и более	24 и более	21 и более	20 и более
	ниже среднего	26 - 28	23 -25	22 – 23	18 – 20	17 – 19
	средний	21 - 25	18 – 22	17 - 21	14 – 17	14 - 16
	выше среднего	24 - 19	21 -15	20 - 15	16 – 12	15 – 11
	высокий	18 и менее	14 и менее	14 и менее	11 и менее	10 и менее
ЖЕЛ, л	низкий	2,1 и менее	2,6 и менее	3,5 и менее	4,0 и менее	4,1 и менее
	ниже среднего	2,4 – 2,2	3,0 - 2,7	3,8 – 3,6	4,4 – 4,1	4,5 – 4,2
	средний	2,5 – 2,9	3,1 – 3,8	3,9 – 4,6	4,5 – 5,2	4,6 – 5,3
	выше среднего	3,0 – 3,2	3,9 – 4,2	4,7 – 4,9	5,3 – 5,6	5,4 – 5,7
	высокий	3,3 и более	4,3 и более	5,0 и более	5,7 и более	5,8 и более
МОД, л/мин	низкий	6,9 и менее	6,7 и менее	6,7 и менее	7,5 и менее	8,0 и менее
	ниже среднего	8,2 -7,0	8,7 - 6,8	8,8 – 6,8	9,9 – 7,6	10,2 - 8,1
	средний	8,3 – 11,2	8,8 -12,8	8,9 – 13,0	10,0 – 14,7	10,3 – 14,6
	выше среднего	11,3 – 12,6	12,9 – 14,8	13,1 – 15,0	14,8 - 17,1	14,7 – 16,8
	высокий	12,7 и более	14,9 и более	15,1 и более	17,2 и более	16,9 и более
МВЛ, л/мин	низкий	42 и менее	59 и менее	78 и менее	101 и менее	102 и менее
	ниже среднего	43-52	60-70	79-89	102-111	103-112
	средний	53-71	71-91	90-112	112-132	113-133
	выше среднего	70-80	92-102	113-123	133-143	134-143
	высокий	81 и более	103 и более	124 и более	144 и более	144 и более

Таблица 5 – Шкалы дифференцированной оценки показателей центральной гемодинамики хоккеистов 11-21 года в условиях относительного покоя

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
ЧСС, уд/мин	низкий	85 и более	84 и более	81 и более	73 и более	75 и более
	ниже среднего	81 - 84	79 - 83	77 - 80	69 - 72	71 - 74
	средний	72 - 80	70 - 79	68 - 76	60 - 68	62 - 70
	выше среднего	73 - 69	69 - 66	67 - 64	59 - 56	61 - 58
	высокий	68 и менее	65 и менее	63 и менее	55 и менее	57 и менее
АД ср, мм.рт.ст.	низкий	79 и более	89 и более	96 и более	98 и более	98 и более
	ниже среднего	76 - 78	85 - 88	93 - 95	94 - 97	95 - 97
	средний	71 - 75	77 - 84	86 - 92	86 - 93	87 - 94
	выше среднего	72 - 68	76 - 74	85 - 83	85 - 82	86 - 84
	высокий	67 и менее	73 и менее	82 и менее	81 и менее	83 и менее
УО, мл	низкий	55,7 и менее	59,1 и менее	62,0 и менее	61,9 и менее	59,9 и менее
	ниже среднего	57,6 - 55,8	61,9 - 59,2	64,4 - 62,1	65,6 - 62,0	62,1 - 60,0
	средний	57,7 - 61,9	62,0 - 67,7	64,5 - 69,5	65,7 - 73,1	62,9 - 68,7
	выше среднего	62,0 - 63,9	67,8 - 70,5	69,6 - 71,9	73,2 - 76,8	68,8 - 71,6
	высокий	64,0 и более	70,6 и более	72 и более	76,9 и более	71,7 и более
МОК, л	низкий	3,8 и менее	4,0 и менее	4,2 и менее	3,6 и менее	3,6 и менее
	ниже среднего	4,3 - 3,9	4,4 - 4,1	4,5 - 4,3	4,0 - 3,7	3,9 - 3,7
	средний	4,4 - 4,8	4,5 - 5,2	4,6 - 5,1	4,1 - 4,8	4,0 - 4,6
	выше среднего	4,9 - 5,3	5,3 - 5,6	5,0 - 5,4	4,9 - 5,2	4,7 - 4,9
	высокий	5,4 и более	5,7 и более	5,5 и более	5,3 и более	5,0 и более
ДП, усл. ед.	низкий	89 и более	91 и более	97 и более	89 и более	92 и более
	ниже среднего	81 - 88	86 - 90	91 - 96	84 - 88	86 - 91
	средний	71 - 80	77 - 85	78 - 90	72 - 83	74 - 85
	выше среднего	70 - 62	76 - 72	77 - 72	71 - 66	73 - 68
	высокий	61 и менее	71 и менее	71 и менее	65 и менее	67 и менее

Таблица 6 – Шкалы дифференцированной оценки абсолютной и относительной аэробной ( $PWC_{170}/кг$ ) и анаэробной ( $W_{суб}/кг$ ) физической работоспособности хоккеистов 11-21 года

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
$PWC_{170}$ , кгм/мин	низкий	601 и менее	710 и менее	902 и менее	1549 и менее	1538 и менее
	ниже среднего	660 - 602	802 – 711	1025 – 903	1700 – 1550	1701 – 1539
	средний	661 - 778	803 – 987	1026 – 1270	1701 – 2002	1702 – 2026
	выше среднего	779 - 837	988 – 1079	1271 – 1393	2003 – 2153	2025 – 2189
	высокий	838 и более	1080 и более	1394 и более	2154 и более	2190 и более
$PWC_{170}/кг$ , кгм/мин/кг	низкий	14,6 и менее	14,7 и менее	14,6 и менее	19,9 и менее	18,1 и менее
	ниже среднего	15,6 -14,7	15,7 – 14,8	15,8 – 14,7	21,4 – 20,0	20,1 - 18,2
	средний	15,7 – 17,7	15,8 – 17,7	15,9 – 18,4	21,5 – 24,6	20,2 – 24,2
	выше среднего	17,8 – 18,7	17,8 - 18,7	18,5 – 19,6	24,6 – 26,2	24,3 – 26,1
	высокий	18,8 и более	18,8 и более	19,7 и более	26,3 и более	26,2 и более
$W_{суб}$ , кгм/мин	низкий	1300 и менее	2395 и более	2440 и менее	2731 и менее	2795 и менее
	ниже среднего	1442 - 1301	2188 – 2394	2623 – 2441	2979 – 2732	3028 – 2796
	средний	1443 - 1727	1771 - 2187	2624 - 2990	2980 – 3476	3029 – 3496
	выше среднего	1728 - 1870	1770 - 1563	2991 – 3173	3477 – 3724	3497 – 3729
	высокий	1871 и более	1562 и менее	3174 и более	3725 и более	3730 и более
$W_{суб}/кг$ , кгм/мин/кг	низкий	32,2 и менее	42,8 и более	38,0 и менее	34,1 и менее	33,0 и менее
	ниже среднего	34,4 – 32,3	40,0 – 42,7	40 – 38,1	37,2 – 34,2	35,7 – 33,1
	средний	34,5 – 38,7	34,4 – 39,9	40,1 – 44,1	37,3 – 43,4	35,8 – 41,2
	выше среднего	38,8 – 40,9	34,3 – 31,7	44,2 – 46,1	43,4 – 46,4	41,3 – 43,9
	высокий	41,0 и более	31,6 и менее	46,2 и более	46,5 и более	44,0 и более

Таблица 7 – Шкалы дифференцированной оценки показателей вегетативной регуляции сердечного ритма хоккеистов 11-21 года в условиях относительного покоя

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
Mo, с	низкий	0,78 и менее	0,68 и менее	0,79 и менее	0,81 и менее	0,88 и менее
	ниже среднего	0,87-0,79	0,75-0,69	0,89-0,80	0,92-0,82	0,93-0,89
	средний	0,88-1,06	0,76-0,91	0,90-1,09	0,93-1,13	0,94-1,06
	выше среднего	1,07-1,15	0,92-0,98	1,10-1,19	1,14-1,23	1,07-1,11
	высокий	1,16 и более	0,99 и более	1,20 и более	1,24 и более	1,12 и более
AMo, %	низкий	15,8 и менее	22,3 и менее	20,5 и менее	21,0 и менее	17,4 и менее
	ниже среднего	20,9-15,9	29,1-22,4	26,3-20,6	26,6-21,1	23,6-17,5
	средний	21,0-31,2	29,2-42,9	26,4-37,9	26,7-38,0	23,7-36,0
	выше среднего	31,3-36,2	43,0-49,7	38,0-43,7	38,1-43,6	36,1-42,3
	высокий	36,3 и более	49,8 и более	43,8 и более	43,5и более	42,4 и более
BP, с	низкий	0,33 и менее	0,21 и менее	0,23 и менее	0,18 и менее	0,19 и менее
	ниже среднего	0,42-0,34	0,27-0,22	0,31-0,24	0,28-0,19	0,27-0,20
	средний	0,43-0,61	0,28-0,41	0,32-0,47	0,29-0,50	0,28-0,44
	выше среднего	0,62-0,71	0,42-0,47	0,48-0,55	0,51-0,60	0,45-0,52
	высокий	0,72 и более	0,48 и более	0,56 и более	0,61 и более	0,53 и более
TP, мс <sup>2</sup>	низкий	5762 и менее	6164 и менее	5943 и менее	5948 и менее	4142 и менее
	ниже среднего	6319-5763	6768-6165	6549-5944	6554-5949	4748-4143
	средний	6320-7435	6769-7976	6550-7762	6555-7767	4749-5961
	выше среднего	7436-7993	7977-8579	7763-8368	7766-8373	5962-6567
	высокий	7994 и более	8580 и более	8369 и более	8374 и более	6568 и более
HF, мс <sup>2</sup>	низкий	3720 и менее	3319 и менее	2302 и менее	2198 и менее	1474 и менее
	ниже среднего	3722-3721	3677-3320	2661-2303	2556-2199	1833-1475
	средний	3723-4428	3678-4395	2662-3379	2557-3274	1834-2551
	выше среднего	4429-4780	4396-4754	3378-3737	3275-3633	2552-2909
	высокий	4781 и более	4755 и более	3738 и более	3632 и более	2910 и более
LF, мс <sup>2</sup>	низкий	1322 и менее	1394 и менее	1603 и менее	1455 и менее	1039 и менее
	ниже среднего	1578-1323	1651-1395	1861-1604	1713-1456	1296-1040
	средний	1579-2091	1652-2167	1862-2377	1714-2229	1297-1812
	выше среднего	2092-2347	2168-2425	2378-2634	2230-2486	1813-2070
	высокий	2348 и более	2426 и более	2635 и более	2487 и более	2071 и более
VLF, мс <sup>2</sup>	низкий	569 и менее	909 и менее	1499 и менее	1758 и менее	1090 и менее
	ниже среднего	821-568	1167-910	1757-1500	2015-1759	1348-1091
	средний	822-1334	1168-1683	1758-2273	2016-2531	1349-1864
	выше среднего	1335-1590	1684-1940	2274-2530	2332-2789	1865-2121
	высокий	1591 и более	1941 и более	2531 и более	2780 и более	2122 и более

Таблица 8 – Шкалы дифференцированной оценки абсолютной и относительной аэробной возможности (МПК) хоккеистов 11-21 года

Показатель	Оценка	Возраст, лет				
		11-12	13-14	15-16	17-18	19-21
МПК, л/мин	низкий	2263 и менее	2460 и менее	3057 и менее	4480 и менее	4456 и менее
	ниже среднего	2362 – 2264	2615 – 2461	3326 – 3058	4812 – 4481	4813 – 4457
	средний	2363 - 2563	2616 – 2927	3327 – 3866	4813 – 5476	4814 – 5529
	выше среднего	2564 – 2662	2928 – 3083	3867 – 4135	5477 – 5807	5530 – 5886
	высокий	2663 и более	3084 и более	4136 и более	5808 и более	5887 и более
МПК/кг, мл/мин/кг	низкий	50,5 и менее	45,6 и менее	47,9 и менее	57,1 и менее	52,3 и менее
	ниже среднего	54,0 – 50,6	49,1 – 45,7	50,9 - 48,0	60,6 - 57,2	56,9 – 52,4
	средний	54,1 -61,3	49,2 -56,2	51,0 - 57,0	60,7 – 67,7	57,0 – 66,1
	выше среднего	61,4 -64,8	56,3 - 59,7	57,1 – 60,1	67,8 – 71,2	66,2 – 70,6
	высокий	64,9 и более	59,8 и более	60,2 и более	71,3 и более	70,7 и более