

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



На правах рукописи

**Приходько Антон Юрьевич**

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ  
ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМИ  
ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

1.5.5 – Физиология человека и животных

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
доктор биологических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ  
Р.И. Айзман

Новосибирск – 2025

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	13
1.1. Соматотипы и их классификации	13
1.2. Характеристики функциональных типов конституции	17
1.3. Анализ критериев комплексной оценки физической работоспособности и функциональных резервов организма	20
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, КОНТИНГЕНТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
2.1. Организация и контингент исследования	30
2.2. Методы исследования	32
2.2.1. Морфологический статус юношей (определение соматотипа)	32
2.2.2. Определение типа функционального реагирования нервно- мышечного аппарата	33
2.2.3. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и физической работоспособности	34
2.2.4. Оценка функциональных резервов организма (протоколы нагрузочного тестирования)	35
2.2.5. Определение биохимических показателей в сыворотке/плазме крови	36
2.2.6. Оценка психофизиологического статуса обследуемых	37
2.2.7. Математические методы анализа экспериментального материала	37
ГЛАВА 3. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ СОМАТОТИПОМ И ТИПОМ РЕАГИРОВАНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА	39

3.1	Распределение обследуемых юношей по соматотипам	39
3.1.1	Морфофункциональные характеристики юношей разных соматотипов	40
3.1.2	Биохимические показатели у юношей разных соматотипов	43
3.1.3	Гомеостатические показатели у юношей разных соматотипов	50
3.1.4	Психофизиологические особенности юношей разных соматотипов	52
3.2	Распределение юношей с разными типами функционального реагирования	54
3.2.1	Морфофункциональные характеристики юношей с разным типом функционального реагирования	55
3.2.2	Биохимические показатели юношей с разным типом функционального реагирования	57
3.2.3	Гомеостатические показатели юношей с разным типом функционального реагирования	63
3.2.4	Психофизиологические показатели юношей с разным типом функционального реагирования	65
3.3	Сравнение функциональных резервов юношей с разными типологическими характеристиками	67
3.4	Морфофункциональные и биохимические особенности юношей с разным вегетативным типом	76
3.5.1	Оценка физической работоспособности юношей в зависимости от соматотипа и типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата	83
3.5.2	Оценка физической работоспособности в зависимости от вегетативного типа юношей разных соматотипов и типов функционального реагирования	90
3.6.	Корреляционно-регрессионный анализ индивидуально-типологических показателей, влияющих на физическую работоспособность юношей	103

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ И НЕГАТИВИЗМА	112
4.1. Морфофункциональные показатели юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма	113
4.2. Глюкозо-лактатные параметры юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в динамике выполнения физической нагрузки на тредбане	116
4.3. Биохимические показатели сывороточной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в покое и после максимальной физической нагрузки	122
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	126
ВЫВОДЫ	140
БЛАГОДАРНОСТИ	143
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	144
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	145

## ВВЕДЕНИЕ

В физиологии вопрос о влиянии максимальных физических нагрузок на организм человека остается актуальным (Фудин Н.А. с соавт., 2017; Сонькин В.Д., 2018; Козлов А.В. и др., 2019; Терещенко В.В., 2022; Левушкин И.А. с соавт., 2023). Это обусловлено тем, что такие тестовые нагрузки позволяют не только изучить реакцию организма, но и оценить уровень его функциональных возможностей и физическую работоспособность (Анаркулов Х.Ф. и др., 2022; Головин М.С., Айзман Р.И., 2022; Мельников А.А. и др., 2023; Бахарева А.С., с соавт., 2024-2025; Burnley M. et al., 2018; Gernot H. et al., 2018; Chung Y. et al., 2021). Такие исследования особенно актуальны для спортсменов и тренеров в динамике тренировочного процесса.

Показано, что организм спортсменов в результате длительных и интенсивных тренировок подвергается существенным морфофункциональным, биохимическим и психофизиологическим перестройкам, которые проявляются на всех уровнях (Ефремова, Р.И. и др., 2017; Сашенков С.Л. с соавт., 2017; Эрлих В.В. и др., 2021; Сарайкин Д.А. и др., 2022; Романов Ю.Н. с соавт., 2023). Однако эти изменения не всегда легко выявляются в покое, и только использование субмаксимальных и максимальных физических нагрузок дает возможность оценить резервы организма (Кормилицына М.А. и др., 2022; Байгужин П.А. с соавт., 2022; Нопин С.В. и др., 2023). Такие перестройки в организме обусловлены как видом спортивных занятий, их длительностью, уровнем квалификации спортсмена, а также его индивидуальными личностными особенностями (Эрлих В.В. и др., 2013; Ярышева В.Б. и др., 2017; Исаев А.П. и др., 2021; Варламова Н.Г. и др., 2021; Назаренко А.С. и др., 2023).

До настоящего времени остается недостаточно изученным вопрос о влиянии генетически обусловленного соматотипа и функционального типа нервно-мышечной реакции на уровень резервных возможностей организма и обеспечение физической работоспособности (Лазарева Э.А., 2004; Гиренко Л.А. и др., 2012; Ярышева В.Б., Шибкова Д.З., 2017; Головин М.С., 2022). В частности, это обусловлено тем, что к выполнению нагрузочного тестирования на тредбане по максимальному протоколу с комплексной оценкой различных показателей предъявляются жесткие требования,

оно является дорогостоящим и требовательным к оснащению, сопряжено с потенциально высокими рисками, особенно для сердечно-сосудистой системы (Карпман В.Л. и др., 1988; Аулик И.В., 1990; Баранов В.М. и др., 2004; Ивонин А.Г. и др., 2022; Bosquet L. et al., 2008), что существенно лимитирует проведение подобных исследований (Аулик И.В., 1990; Брук Т.М. и др., 2017; Ивонин А.Г. и др., 2022), в результате практически отсутствуют данные о реакциях организма юношей-спортсменов эндоморфного соматотипа на максимальные физические нагрузки.

В то же время, исследования практически здоровых юношей, профессионально не занимающихся спортом, с точки зрения их функциональных резервных возможностей в последнее десятилетие представлены в единичных работах (Кочеткова Е.Ф. и др., 2014; Мальченко А.Д. и др., 2016; Венгерова Н.Н. и др., 2018; Сонькин В.Д. и др., 2018). В доступной литературе мы также не обнаружили работ, посвященных системной оценке функционально-биохимических изменений у здоровых юношей неспортсменов с разным соматотипом и типом функционального реагирования при выполнении субмаксимальных и максимальных нагрузочных проб.

Таким образом, комплексная оценка реакций организма практически здоровых юношей, профессионально не занимающихся спортом, на физические нагрузки позволит, исключив влияние спортивного фактора, изучить роль конституциональных предикторов в проявлениях физической работоспособности и функциональных резервов организма. Исследование юношей с разными типами конституции представляет большой научно-практический интерес для определения субмаксимальных и максимальных физических нагрузок для лиц, занимающихся физической культурой в рамках учебных и тренировочных занятий студентов, разработки на этой основе нормативных показателей и адекватной трактовки результатов в зависимости от особенностей соматотипа и типа функционального реагирования.

#### **Степень разработанности темы исследования.**

Особенности соматотипических маркеров в онтогенезе были подробно изучены отечественными учеными (Щедрина А.С., 1995; Никитюк Д.Б. и др., 2007; Корниенко

И.А. и др., 2007; Литовченко О.Г. с соавт., 2014; 2021). Оценка роли морфологических и функциональных типов организма в обеспечении физической работоспособности и функциональных резервов исследовалась на разных возрастно-половых группах (Лебедев А.В. и др., 2013; Козлова А.П. и др., 2021; Панкова Н.Б., Карганов М.Ю., 2022; Левушкин С.П. и др., 2023). Особенностью работ, в которых изучалось воздействие физической нагрузки на организм, является различная величина предлагаемой тест нагрузки и разные протоколы тестирования, что затрудняет сопоставление результатов. (Мельников А.А. и др., 2023; Espinoza-Navarro O. et al., 2019; Heidari J. et al., 2019; Liping Y. et al., 2024). В научной литературе недостаточно сведений об изменениях биохимических параметров крови при максимальной тредбанометрии до отказа у юношей с разными генетическими (соматотип) и функциональными особенностями (тип реагирования). Не изучены также взаимосвязи между показателями, характеризующими соматотип, биохимический профиль и тип функционального реагирования. Остается малоизученным вопрос о функциональных резервах организма практически здоровых юношей неспортсменов и правильном подборе протокола нагрузки для последующей объективной оценки их физической работоспособности (Galan Y., 2019). Недостаточно исследовано влияние психоэмоционального состояния лиц, занимающихся физической активностью, на уровень физической работоспособности и биохимический ответ организма на максимальную физическую нагрузку (Айзман Р.И. и др., 2009; Семашко Л.В. и др., 2010; Юров И.А., 2013; Белякова А.С., 2018; Кошкарлова Н.И. и др., 2024).

**Объект исследования:** Функциональные резервы и физическая работоспособность здоровых юношей.

**Предмет исследования:** Морфофункциональные и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность и функциональные резервы юношей разных конституциональных типов.

**Цель исследования:** – Оценить физическую работоспособность и функциональные резервы юношей с разным соматотипом, вегетативным типом и

типом функционального реагирования при выполнении субмаксимальных и максимальных физических нагрузок.

**Контингент исследования:** практически здоровые юноши 18–20-летнего возраста без противопоказаний к тестированию.

**Задачи исследования:**

1. Определить морфофункциональные предикторы физической работоспособности юношей разных соматотипов, вегетативных типов и типов функционального реагирования в покое и динамике выполнения ступенчатого теста.
2. Выявить распределение юношей по соматотипам, вегетативным типам и типам функционального реагирования и взаимосвязь их морфофункциональных характеристик.
3. Сравнить функциональные резервы и физическую работоспособность юношей с разной конституцией при ступенчатой и непрерывной тредбанометрии.
4. Проанализировать глюкозо-лактатную взаимосвязь и биохимический профиль юношей разных соматотипов, вегетативных типов и типов функционального реагирования в покое и динамике максимального ступенчатого тестирования до отказа.
5. Оценить влияние уровня стрессоустойчивости и негативизма на физическую работоспособность юношей разных конституциональных типов.
6. Определить вклады морфофункциональных, биохимических и психофизиологических параметров юношей разных соматотипов, вегетативных типов и типов функционального реагирования в обеспечении максимальной физической работоспособности.

**Научная новизна исследования.**

Впервые:

- определены функционально-биохимические показатели реакций здоровых юношей-неспортсменов с разным соматотипом, вегетативным типом и типом функционального реагирования на максимальные нагрузки ступенчатого и непрерывного характера;

- установлена структура распределения юношей в зависимости от соматотипа, вегетативного типа и типа функционального реагирования и взаимосвязь их морфофункциональных характеристик;
- выявлено соотношение аэробных и анаэробных механизмов в динамике выполнения ступенчатой нагрузки в зависимости от соматотипа, вегетативного типа и типа функционального реагирования;
- получены доказательства о влиянии уровня стрессоустойчивости и негативизма на физическую работоспособность юношей всех конституциональных типов;
- выявлен вклад соматотипических, функционально-эргометрических и психофизиологических показателей в обеспечение функциональных резервов и физической работоспособности студентов;
- определены критерии для оценки функциональных резервов юношей.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Соматотип является лучшим предиктором для оценки физической работоспособности и функциональных резервов организма, чем тип функционального реагирования. Ступенчатая тредбанометрия по сравнению с постепенно нарастающей лучше выявляет функциональные резервы и работоспособность юношей. Дополнены знания о биохимических и гомеостатических реакциях юношей в зависимости от соматотипа и функционального типа в покое, динамике выполнения ступенчатого теста и после нагрузки. Выявлено положительное влияние высокого уровня стрессоустойчивости и низкого уровня негативизма, а также преобладания парасимпатического тонуса на показатели физической работоспособности юношей. Определены ряд критериев для оценки функциональных резервов организма, которые могут быть использованы на практике.

Полученные результаты можно рекомендовать для контроля функционального состояния организма юношей в процессе выполнения физических нагрузок высокой интенсивности. На основе данных могут быть разработаны методические указания

для совершенствования методов отбора в циклические виды спорта и предложены рекомендации для тренеров и начинающих спортсменов о выявлении предрасположенности лиц по направленности физических нагрузок. Рекомендованы морфофункциональные показатели для прогнозирования успешности юношей в циклических видах спорта в зависимости от соматотипа, вегетативного типа и типа функционального реагирования.

**Реализация результатов исследования.** Материалы диссертационной работы внедрены в научное обоснование и гигиеническую оценку функционального здоровья и нормирования нагрузки для здоровых юношей «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора и в учебный процесс кафедры «Анатомии, физиологии и БЖД» и факультета физической культуры Новосибирского государственного педагогического университета.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Максимальная физическая нагрузка вызывает специфические функционально-биохимические сдвиги в организме юношей в зависимости от индивидуально-типологических характеристик и варианта тестирования.
2. Физическая работоспособность при ступенчатой и рамп тредбанометрии до отказа у эктоморфов и стайеров выше, чем у эндоморфов и микстов, а показатели юношей мезоморфного соматотипа и спринтеров имеют средние значения.
3. Спринтеры и эндо-мезоморфы характеризуются существенным вкладом процессов анаэробного гликолиза, тогда как стайеры и эктоморфы проявляют высокий уровень аэробной работоспособности при выполнении максимальной физической нагрузки.
4. Соматотип является более информативным показателем для оценки физической работоспособности и функциональных резервов организма юношей неспортсменов, чем тип функционального реагирования и вегетативный тип.
5. Психоэмоциональные показатели стрессоустойчивости и негативизма являются дополнительными предикторами физической работоспособности.

**Степень достоверности.**

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждаются корректной выборкой испытуемых и биоэтическим сопровождением исследования, использованием сертифицированных приборов для исследования, программно-аппаратных комплексов, а также методов статистической обработки полученных данных.

**Апробация работы.** Результаты исследования опубликованы в научной периодической печати, а также представлены и обсуждены на: Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием // Новосибирск, 2019; Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию УралГУФК // Екатеринбург, 2020; Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В.С. Пирусского // Томск, 2021, 2022; Всероссийской с международным участием научно-практической конференции магистрантов и молодых ученых // ЮУрГУ 2021; Международном научно-практическом конгрессе VITA RENAV WEEK // Челябинск, 2021; IX международной конференции «Инновации в спорте туризме и образовании» // Челябинск ЮУрГУ 2024; Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы гигиены и профилактики», посвященной 95-летию ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора // Новосибирск, 2025.

**Личный вклад автора.**

Автором разработан дизайн исследования, спланированы экспериментальные серии нагрузок. Автором лично проведены запланированные исследования на юношах с использованием физиологических и биохимических методов (2019 – 2024 гг.). Автором лично проведена статистическая обработка полученных результатов исследования. Анализ результатов исследования и публикации по материалам работы выполнены автором при консультативной помощи научного руководителя.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Представленная диссертационная работа соответствует Паспорту специальности 1.5.5. Физиология человека и животных (биологические науки) по следующим

пунктам: п.9 Физиологические механизмы адаптации к различным формам, видам и условиям деятельности, в том числе экстремальным; п.13 Конституционально-типологическая специфика проявлений физиологических функций.

#### **Публикация результатов исследования.**

По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ, в том числе 9 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для опубликования материалов диссертаций, из которых 4 в базах данных Scopus и Web of Science.

**Объём и структура диссертации.** Диссертация изложена на 174 страницах, состоит из Введения, Основной части («Литературный обзор», «Материалы и методы», «Результаты собственных исследований»), Обсуждения результатов, Заключения, Выводов и Списка литературы. Диссертационная работа иллюстрирована 12 рисунками и 49 таблицами. Список литературы содержит 240 источников, из которых 71 представлен зарубежными публикациями.

# ГЛАВА 1. МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## *1.1. Соматотипы и их классификации*

Согласно современным представлениям, конституция рассматривается как совокупность относительно устойчивых морфологических и функциональных состояний организма, сложившихся на основе наследственных, а также приобретенных свойств, определяющих его дееспособность и реактивность, под длительным, интенсивным влиянием окружающей среды (Казначеев В.П. и др., 1986; Венгерова Н.Н. и др., 2022; Жомин К.М. и др., 2023). Уникальность наследственной информации каждого человека и неповторимость средовых влияний определяет индивидуальное своеобразие организма (Казначеев В.П. и др., 1986; Колпаков В.В. и др., 2009). Таким образом, общая конституция рассматривается как генотип, реализованный не только как совокупность частных конституций (морфологической, функциональной и психологической), но также под влиянием и во взаимодействии с внешней средой – физическими и социальными факторами (Лебедев А.В. и др., 2016; Белякова А.С. и др., 2017; Исмаил А.Х. и др., 2021).

Пройдя длительный путь развития, наука о человеке постоянно сталкивалась с необходимостью все более глубокого осмысления этой важной интегральной характеристики человеческой индивидуальности. Вопросы конституциональных различий человека и ее диагностики до сих пор остаются актуальными (Nikbakht M. 2011; Stewart H.R. et al., 2018). Вместе с тем биологическая сущность человека характеризуется тремя главными составляющими: строением тела, уровнем физиологических процессов и психологическими особенностями личности. Они взаимосвязаны и в комплексе составляют общую конституцию человека (Никитюк Б.А. 2000; Carter J.E.L. et al., 1990; Alkandari J.R. et al., 2016). Конституция является фундаментальной характеристикой целостного организма и, помимо телосложения, включает тип высшей нервной деятельности, эндокринную конституцию, с которой в значительной степени связан морфотип, метаболические, иммунологические и

другие признаки (Букавнева Н.С. и др., 2009; Деревцова С.Н. и др., 2020; Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. 2024).

Одной из составляющих общей конституции человека является его соматотип, который корреляционно связан с другими частными конституциями и может являться маркером, отражающим генетические проявления эндокринных и функциональных особенностей индивида (Kimura T. et al., 2003; Robergs R.A. et al., 2004; Silventoinen K. et al., 2020). В частности, исследования, проведенные в последние годы, подтвердили существование гемодинамической неоднородности различных групп населения и целесообразность выделения трех типов кровообращения - гипокинетического, эукинетического и гиперкинетического. Отмечается, что различные гемодинамические типы отражают определенную конституциональную неоднородность, обладают различной устойчивостью к разнообразию среды и различным характером адаптивных реакций. При этом, типы гемодинамики находятся в тесной взаимосвязи с морфофункциональными показателями организма, в частности, с морфотипом (Щанкин А.А. и др., 2013; Горст В.Р. и др., 2018; Бахарева А.С. и др., 2024). Согласно имеющимся в литературе данным, тип гемодинамики в качестве биологического маркера может иметь большое прогностическое значение в клинике и спорте.

Индивидуальный соматотип на протяжении жизни подвержен процессам постоянной адаптации, необходимой для поддержания гомеостаза, при этом, в определенных условиях может переходить в другие формы, что, в свою очередь, может вызвать ряд морфологических и функциональных адаптивных изменений (Молчанова Т.Н. и др., 2009; Гунина Л.М. 2013; Пашкова И.Г., 2020). Известно, что такие гормоны как соматотропин, инсулин, кортизол, тиреоидные гормоны оказывают метаболическое и морфогенетическое действие и влияют на соматическую дифференцировку и темпы индивидуального развития (Христовая Т.Е., 2012; Geesmann V. et al., 2017). Поскольку в основе структурных особенностей и функциональных возможностей организма лежат метаболические процессы, регуляция которых генетически детерминирована и осуществляется

нейроэндокринной системой, то изучение индивидуально-типологических особенностей этой системы имеет особо важное значение (Игнатова Ю.П. и др., 2022). Предпринимались попытки увязать между собой морфологические, функциональные и психологические аспекты конституции, так как связь между строением человека и некоторыми адаптивными и психологическими особенностями во многом опосредована эндокринной системой (Лукавенко А.В. и др., 2021; Байгужин П.А. и др., 2022).

Особо выделяется проблема классификаций соматотипов: с 20-тых годов прошлого столетия было предложено множество схем соматотипов (Никитюк Б.А., 1999; Неудахин Е.В. и др., 2005; Колпаков В.В. и др., 2009; Венгерова Н.Н. и др., 2018). В основе большей части из них лежит комплекс морфологических признаков. Несмотря на множество классификаций, существующих сегодня, общий взгляд на проблему определения типа конституции остается примерно одинаковым, поскольку в основе конституциональных особенностей лежат генетические факторы (Gutnik V. et al., 2015; Silventoinen K. et al., 2020).

Известностью среди врачей пользовалась схема, предложенная М.В. Черноруцким (1925), выделившим 3 типа: астенический (с преимущественным ростом в длину, узким и плоским телом, развитием в длину конечностей, впалым животом и т.п.); нормостенический (умеренно упитанные, пропорционально развитые, прямой живот и т.п.) и гиперстенический (с преимущественным ростом в ширину, массивный, упитанный, с выступающим животом, большим и поперечно расположенным сердцем, объемным желудком и т.д.). Данная схема обладает достаточной простотой и в то же время информативностью, что позволяет ей и сегодня широко применяться в России (Коц Я.М., 1986; Мельников А.А. и др., 2023).

А.А. Богомолец (1926), критически проанализировав все известные к тому времени направления исследований в теории конституций, предложил, прежде всего, учитывать состояние соединительной ткани, определяющей конституциональный габитус организма. Он выделил 4 варианта, названные им типами конституции: астенический, с преобладанием тонкой и нежной соединительной ткани; фиброзный,

с плотной волокнистой соединительной тканью; пастозный, с сырой рыхлой соединительной тканью; липоматозный, с преобладанием жировой ткани (Гайтон А.К. и др., 2008).

Антропологи московской школы широко пользовались схемами, предложенными В.В. Бунаком (1931); при этом наибольшее распространение получила схема, в которой учитывались, прежде всего, степень жировотложения и развития мускулатуры, а также форма грудной клетки, живота, спины. Признаки строения головы и лица в схему не были включены, поскольку, по мнению В.В. Бунака, эти признаки характеризуют расовые, а не конституциональные особенности. Всего было выделено 3 основных типа (грудной, мускульный и брюшной) и 4 промежуточных. В этой схеме наблюдается учет не только внешних признаков, но и косвенно определяются важные параметры состава тела, что придает данной классификации больше информативности и глубины изучения конституциональных особенностей (Никитюк Д.Б. и др., 2007; Гайтон А.К. и др., 2008).

Широкое распространение и признание за рубежом получила схема Б.Х. Хит и Дж. Картера (Carter J.E.L. et al., 1990). Эта схема позволяет количественно оценить степень выраженности трех первичных компонентов телосложения: эндоморфии, характеризующей степень жировотложения (первый компонент), мезоморфии – развитие скелетно-мышечной системы (второй компонент), эктоморфии – относительной линейности (вытянутости) тела (третий компонент) и дать комплексную оценку соматотипа. Предпринимаются попытки спрогнозировать соматотип по методу Хит-Картера путем определения простых биоимпедансных и антропометрических показателей, что демонстрирует высокую надежность этой классификации (Bertuccioli A. et al., 2022) Это исследование может стать первым шагом в разработке нового подхода, который позволит определять соматотип субъекта с помощью биоимпедансного анализа, стратифицированного по полу, с помощью экономной по времени и более стандартизированной процедуры.

Сегодня известно, что морфологический статус предопределяет физическую подготовленность и функционально-метаболическое состояние спортсменов как

один из маркеров тренированности (Рубанович В.Б. и др., 2003). Зная основные компоненты соединительной ткани, можно сравнить индивидуальные данные с разработанными нормативами (Эрлих В.В. и др., 2013).

Итак, многочисленные классификации конституции человека базируются на морфологических характеристиках, таких как вытянутость тела в длину и его массивность (т.е. рост и вес, степень жировотложения и развития мускулатуры) (Carter J.E.L. et al., 1990). Несмотря на множество конституциональных схем и различные названия типов, главные их морфологические особенности во многом совпадают (Казначеев В.П. и др., 1986).

Несмотря на многовековую историю изучения соматотипов, до сих пор в практике учебных и спортивных занятий фактор соматотипа учитывается недостаточно, что может приводить к высоким рискам в работе сердечно-сосудистой системы в условиях интенсивных физических нагрузок. В то же время, важные генетические и функционально-биохимические предикторы указывают на предрасположенность соматотипа к определенным видам спорта (Корниенко И.А., и др., 2007). Кроме того, изучение особенностей энергообеспечения мышечной деятельности при нагрузках у людей разного возраста и уровня физического развития имеет большой научный и практический интерес для обоснования выбора подходящего (оптимального) объема дозируемой нагрузки и выбора вида спортивных занятий в зависимости от индивидуального соматотипа (Неудахин Е.В. и др., 2005; Пашкова И.Г., 2020; Приходько А.Ю. и др., 2021).

## ***1.2. Характеристики функциональных типов конституции***

В настоящее время известно, что максимальные нагрузки вызывают разные функциональные изменения у лиц с разными индивидуально-типологическими характеристиками (Головин М.С., 2022; Приходько А.Ю., и др., 2023) Поэтому для достижения высоких результатов в спорте, кроме интенсивных тренировок, очень важно соответствие типа конституции определенному виду физических нагрузок (Левушкин С.П. и др., 2023). Более того, конституция человека становится одним из

важных компонентов состояния здоровья, а непрерывное развитие генетических и биомедицинских технологий придает понятию конституции более твердую основу (Никитюк Б.А., 2000; Неудахин Е.В., 2005).

Устойчивость к разным по силе и длительности экстремальным раздражителям может приводить к разным стратегиям адаптации у лиц с разной конституцией и формированию такого индивидуально-типологического признака как тип функционального реагирования. Данный аспект в изучении конституций появился относительно недавно и может быть детерминирован в равной степени генетикой и адаптивными реакциями в процессе жизни (Никитюк Б.А., 2000).

Считается, что выбор стратегии адаптации определяется конституцией, при этом, продольные размеры тела, тип обмена веществ и тип нервно-мышечной реакции являются ее основными признаками. В.П. Казначеев считает, что способ выделения новых типов конституций по характеру нервно-мышечной реакции может иметь большое практическое значение в качестве важного предиктора функциональных резервов и здоровья (Казначеев В.П. и др., 1986; Абуталимова С.М., 2022). Им было выделено два полярных и один промежуточный типы функционального реагирования. «Спринтерский» тип выдерживает воздействие мощных кратковременных физических нагрузок, однако сравнительно слабо переносит длительные нагрузки невысокой интенсивности. У лиц этого типа преобладают белые мышечные волокна, они больше других испытывают потребность в двигательной активности, чаще испытывают сильные эмоции, более бурно реагируют. «Стайерский» тип функционального реагирования тяготеет к длительному воздействию слабых раздражителей, при этом, в отличие от спринтерского типа, не способен к мощному взрывному характеру работоспособности. У представителей этого типа преобладают красные мышечные волокна, они дольше адаптируются к среде, им присуща высокая ответственность и дисциплинированность, склонность к тревожным реакциям. Спринтеры характеризуются большими тотальными размерами тела и мышечной силы по сравнению со стайерами. Стайеры обладают большими резервами со стороны сердечно-сосудистой системы и большим

потенциалом аэробной производительности по сравнению со спринтерами (Розенблат В.В., 1975). «Промежуточный» тип, или «миксты», сочетают черты обоих полярных типов функционального реагирования.

У выделяемых конституциональных типов «стайер», «спринтер», «микст» выявлены определенные различия по целому ряду таких конституциональных показателей как масса тела, окружность грудной клетки, величина артериального давления. Организм этих людей отличается соотношением форменных элементов крови, биохимическими и психоэмоциональными показателями, характеристиками кардиореспираторной системы и физической работоспособности (Рубанович В.Б., др., 2003; Матвиенко В.В. и др., 2020).

Уровень функциональной устойчивости к физическим нагрузкам напрямую зависит от уровня здоровья, которое может рассматриваться как процесс непрерывного приспособления организма к условиям окружающей среды, а мерой жизнестойкости являются адаптационные возможности организма. Поэтому со снижением адаптационных возможностей организма снижается и уровень физической работоспособности (Харитонов Л.Г. и др., 2000; Сонькин В.Д. и др., 2011; Мельников А.А. и др., 2023). В частности, предрасположенность организма к выполнению физических нагрузок различной мощности и продолжительности в значительной степени обусловлена морфофункциональными и гистохимическими особенностями нервно-мышечного аппарата (Розенблат В.В., 1975). Как отмечал этот автор, проявление мышечной силы в значительной степени связано с анатомо-физиологическими особенностями периферической части нервно-мышечного аппарата, тогда как выносливость в большей мере зависит от функционального состояния центральной нервной системы. Имеются сведения о принадлежности основной массы мужчин к конституциональному типу «спринтер», а для женщин более свойственно проявление выносливости («стайеры») (Корниенко И. А. и др., 2007; Лазарева Э. А., 2004; Уилмор Дж.Х. и др., 2001). Также у спринтеров наблюдается более высокая активность симпато-адреналовой системы относительно стайеров (Харитонов Л.Г. и др., 2000). Тестирование на велоэргометре показало, что

у спринтеров при выполнении нагрузок преобладал анаэробный гликолиз как основной энергетический механизм, в то время как у бегунов на стайерские дистанции преобладали аэробные процессы (Лазарева Э. А., 2004).

Таким образом, общая конституция включает ряд частных конституций, объединенных в две большие группы – морфологическую и функциональную. Соотношение морфологических и функциональных аспектов биологического статуса человека – один из центральных вопросов конституциологии, поскольку сама конституциональная концепция исходит из единства формы и функции (Казначеев В.П., и др., 1986; Carter J.E.L. et al., 1990; Nikbakht M., 2011). Функциональный тип нервно-мышечного аппарата неразрывно связан с морфотипом и является функциональным его продолжением (Рубанович В.Б. и др., 2003), составляя в комплексе основное содержание конституции человека (Никитюк Б.А., 2000).

Следовательно, антропометрические признаки конституции человека (соматотип) способны отражать функциональные особенности организма (функциональный тип реагирования) и состояние его компенсаторно-приспособительных реакций (Никитюк Б.А., 1999; Никитюк Д.Б. и др., 2007).

Выяснение их вклада в обеспечение различных форм двигательной активности и их роли как предикторов успешности в том или ином виде спортивной деятельности является одной из актуальных задач спортивной и возрастной физиологии.

### ***1.3. Анализ критериев комплексной оценки физической работоспособности и функциональных резервов организма***

Проблема физической работоспособности - одна из ключевых в физиологии спорта (Карпман В.Л. и др., 1988; Мельников А.А. и др., 2023; Мак-Дугалл Д.Д. и др., 1998; Wasserman K. et al., 1999). С повышением функциональной устойчивости организма возрастает и работоспособность (Ровный В.А., 2008; Дикунец М.А. и др., 2022; Мельников А.А. и др., 2023;). На сегодняшний день вопрос использования и оценки эффектов максимальных нагрузок в физиологии спорта остается малоизученным (Кормилицына М.А. и др., 2022; Нопин С.В. и др., 2023; Grgic J.,

2020). Вместе с тем, не существует точных количественных критериев, позволяющих выявить вклад морфофункциональных признаков в общий потенциал работоспособности (Гиренко Л.А. и др., 2012; Козлова А.П. и др., 2021; Galan Y. et al., 2019). В связи с этим, представляется важным поиск системных характеристик, которые выступают в качестве мерила работоспособности и максимальных резервов организма человека (Величко Т.И., 2015; Мельников А.А. и др., 2023; Liping Y. et al., 2024)

Физическая работоспособность — это многомерная характеристика, затрагивающая большой спектр факторов, - от влияния охлаждения мышц до конкретных пищевых добавок (Мельников А.А. и др., 2023; Бяловский Ю.Ю. и др., 2024; Margaria R., 1963; Durarte J.A.R. et al., 1993; Freanzini L. et al., 2008; Cheng A.J. et al., 2017). Даже элементы биоуправления, в частности, обучение гиповентиляционному дыханию на фоне физических упражнений повышает легочную вентиляцию и является предиктором повышения функциональных возможностей (Классина С.Я., 2018). Не случайно, адаптация к гипоксии среднегорья и физическим нагрузкам малой интенсивности повышает адаптивные резервы спортсменов. Маркеры, детерминирующие эффективную адаптацию и успешную спортивную результативность, зависят от наследственных признаков и выявленных резервных возможностей организма (Аверьянова И.В. и др., 2020; Сарайкин Д.А. и др., 2022). Так, показано, что от уровня резервных возможностей зависит проявление максимальной физической работоспособности и успешность спортсмена в циклических видах спорта (Сашенков С.Л. и др., 2017; Горст В.Р. и др., 2018; Бахарева А.С. и др., 2025; Maguire, J., 2009; Burnley M. et al., 2018; Norton K., 2018). Обнаруженные значимые отличия в биохимическом профиле пловцов разного уровня спортивного мастерства в целом указывают на движение в сторону создания индивидуально-биохимического конструкта человека, позволяющего достигать высоких показателей работоспособности (Бойков В.Л. и др., 2021). Также повышение возможностей мобилизации ресурсов у спортсменов может отражаться в синхронизации работы нервных центров, что, в частности, способствует повышению

работоспособности локальных мышечных групп (Попова Т.В. и др., 2015). Снижение функциональных резервов у юношей, переболевших ковидом, приводило к более выраженному повышению ЧСС при нагрузке и негативно сказывалось на работоспособности (Н.В. Котова и др., 2024). Предлагаются попытки создания прогностических моделей оценки уровня физической подготовленности и успешности спортсменов в зависимости от разных факторов; в частности, дана дифференцированная оценка стресс-устойчивости и ее влияние на спортивную результативность (Эрлих В.В. и др., 2021).

Важную роль в обеспечении успешности спортсменов и повышении физической работоспособности играет конституциональный фактор. Доказано, что большинство успешных легкоатлетов, специализирующихся на длинных дистанциях, относятся ближе к эктоморфному соматотипу (Espinoza-Navarro O. et al., 2019). Показана высокая информативность типа телосложения на начальных этапах тренировочных занятий у лыжников и биатлонистов (Гиренко Л.А. и др., 2012). Известны прямые и косвенные связи между соматотипом и проявлением работоспособности. Преобладание мезоморфии способствует лучшим силовым показателям, что имеет важное значение для выявления лиц, склонных к успешности в силовых видах спорта (Stewart H.R. et al., 2018). При этом анализ результатов обследования юношей с разными соматотипами позволяет предполагать, что конституциональный фактор может быть ассоциирован даже с центральными гипофизарными механизмами становления и поддержания репродуктивной функции (Михайлова Н.И. и др., 2022).

Помимо учета типологии, информативным критерием работоспособности является соотношение длин и сегментов тела, что обеспечивает рациональную нагрузку на определенные группы мышц (Приходько А.Ю. и др., 2021). Важно также учитывать тотальные размеры тела и его пропорции в зависимости от специфики конкретной спортивной дисциплины (Эрлих В.В. и др., 2013).

Наряду с морфологическими критериями, большой интерес представляют данные, свидетельствующие о наличии корреляции между функциональными

системами организма и спортивной успешностью. Так, эффективность и экономичность функционирования различных функциональных систем организма тем выше, чем больше сформировано корреляционных связей между разными системами, а в рамках каждой системы – разными ее компонентами (Лебедев А.В. и др., 2013; Ярышева В.Б., Шибкова Д.З. 2017; Gutnik V. et al., 2015).

При определении уровня и особенностей адаптационных возможностей организма и его физической работоспособности большое значение имеют метаболические процессы (Селезнёв В.В. и др., 2022; Еликов А.В., 2024; Margaria R. 1976; Cady E.V. et al., 1989; Finsterer J., 2003; Banfi G. et al., 2009; Driss T. et al., 2013; Todd J.J., 2014; Sergienko V.I. et al., 2019). Лактат является важнейшим биохимическим маркером, высокие концентрации которого резко снижают физическую работоспособность и функциональные резервы. С помощью лактата можно напрямую оценивать момент перехода в анаэробно-гликолитическое энергообеспечение (ПАНУ, или АНП), что, в свою очередь, определяет работоспособность спортсменов, особенно специализирующихся на средних и длинных дистанциях. Показано, что предельная длительность выполнения теста возрастающей мощности до отказа зависит не только от общего количества энергии, получаемой за счет повышения активности аэробного, но и от активности алактатного и лактатного механизмов энергообеспечения. Следовательно, при планировании тренировочных нагрузок с целью повышения работоспособности необходимо учитывать соотношение аэробно-анаэробных механизмов энергообеспечения с учётом индивидуально-типологических особенностей организма (Чиков А.Е. и др., 2020; Gutnik V. et al., 2015; Gernot H. et al., 2018; Guo T. et al., 2024). При увеличении длительности выполнения ступенчато-возрастающей работы до отказа происходит повышение вклада аэробных возможностей в общий результат при снижении вклада процессов анаэробного гликолиза, что указывает на повышение активности процессов оксигенации мышц у кластера с самыми высокими показателями работоспособности на тредбане (Чиков А.Е. и др., 2020; Yáñez-Sepúlveda R. et al., 2024). Вместе с тем известно, что концентрация глюкозы в крови при беге может

определять характер лактатного ответа (Sotero R.C. et al., 2009). Поскольку при активации анаэробных механизмов возрастает утилизация глюкозы в мышечном сокращении, то увеличивается образование лактата, и в крови развивается ацидоз (Сонькин В.Д. и др., 2014; Баянкина Д.Е. и др., 2021; Lehmann M. et al., 1999). Возникающий окислительный стресс приводит к метаболическим изменениям в процессе адаптации к физическим нагрузкам. Выявлено, что индивидуальная способность антиоксидантной системы обезвреживать реакционно-активные формы кислорода, которые повреждают биологические структуры организма и приводят к срыву адаптационных механизмов, снижают физическую работоспособность (Гунина Л.М., 2013). В то же время регулярные аэробные упражнения умеренно повышают уровень ЛПВП и могут быть более эффективными у лиц с изначально высоким уровнем общего холестерина и низким индексом массы тела (Durstine J.L., 2008).

Одним из важных критериев, характеризующих уровень работоспособности, является динамика концентрации креатинфосфокиназы, которая отражает отставленный эффект физической активности, что представляет важный инструмент для оценки функциональной устойчивости организма (Рыбина И.Л., 2015). Следовательно, ферменты, отвечающие за восстановительные процессы в клетках, являются значимыми маркерами для определения функциональных резервов организма.

Считается, что одним из факторов, влияющих на уровень физической работоспособности, является психофизиологический статус человека. На основании изучения психофизиологических взаимосвязей выявлены наиболее значимые виды психомоторных способностей успешных спортсменов, специфичные для каждого соматотипа (Аулик И.В., 1990; Белякова А.С. и др., 2017; Nederhof E. et al., 2007; Chung Y. et al., 2021). В частности, оценка чувства времени характерна для астеноидного соматотипа, способность точности оценки и дифференцировки пространственных и силовых параметров движения наиболее выражена у торакального и дигестивного соматотипов (Белякова А.С., 2018). Показаны наиболее характерные психические состояния для разных специализаций спортсменов

циклических видов спорта. Например, преобладающим психическим состоянием для спринтеров является неуравновешенность и пластичность нервных процессов, пониженный уровень торможения, экстраверсия, нейротизм, тревожность и повышенная самооценка. В свою очередь, для стайеров более характерны сниженная сила возбудительных и тормозных процессов, средняя степень их подвижности, уравновешенности, низкая чувствительность, интроверсия, эмоциональная устойчивость, пониженная тревожность, ригидность (Юров И.А., 2013).

Нет сомнения, что морфофункциональные и психофизиологические особенности личности определяются генетическим потенциалом, который является важнейшим фактором высокой функциональной устойчивости, надежности процессов и высокой работоспособности (Казначеев В.П. и др., 1986; Сонькин В.Д. и др., 2008; Kimura T. et al., 2003; Nascimento W. et al., 2021). Считается, что скорость и выносливость являются основными полярными характеристиками, необходимыми для успеха в циклических видах спорта, но предел их нарастания зависит от генетических характеристик человека (Кручинский Н.Г. и др., 2018). В частности, для мужчин установлено влияние полиморфизма G/A гена EPAS1 (регулирует процессы доставки и потребления кислорода) на аэробную работоспособность (Бондарева, Э.А. и др., 2016). А для успешного прогноза спринтера необходимо обилие специфических волокон (МНС IIx), которые обладают колоссальной мощностью (Trappe S. et al., 2015). Показано, что их количество определяется частотой полиморфизма генов фолатного цикла и генов, отвечающих за кодирование функции ангиотензин-превращающего фермента. У большинства обследуемых выявлены гетерозиготные формы по большинству генов, за исключением гена NOS3 894 G>T, представленного преимущественно доминантной формой (Ярышева В.Б. и др., 2017).

К легкодоступным методам оценки физической работоспособности следует отнести показатели, которые могут быть выявлены без применения сложного исследовательского оборудования. Наиболее простые, но в то же время достаточно информативные из них, - соматотип, длина, масса и различные соотношения сегментов тела, а также характеристики кардиореспираторной системы и

гемодинамики (Коурова О.Г., 2004; Carter J.E.L. et al., 1990; Pitsavos C. et al., 2011; Pierpont G.L. et al., 2013; Da Palma R.K. et al., 2016; Мутцкан В.М. et al., 2018). Соответственно, ко второй группе углубленных методов оценки работоспособности, могут быть отнесены показатели, которые выявляются только путем углубленного медико-биологического обследования (рис. 1).

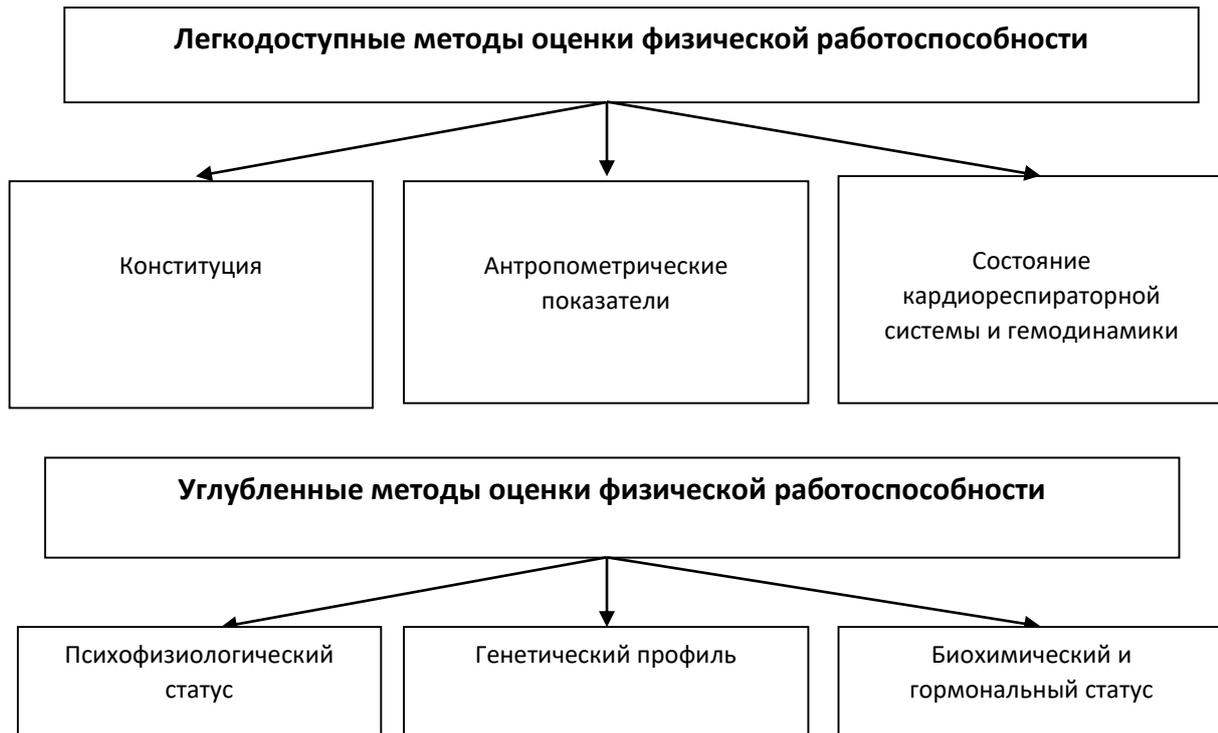


Рисунок 1. Алгоритм приоритетности методик для оценки физической работоспособности

Литературный анализ данных показал, что в зависимости от целей корректная оценка физической работоспособности может включать весь перечень легкодоступных и углубленных методов (Мельников А.А. и др., 2023; Kelley G.A. et al., 2006; Allen D.G. et al., 2008; Galan Y. et al., 2019).

Следует подчеркнуть, что использование субмаксимального теста на велоэргометре и расчет непрямым методом МПК по величине  $PWC_{170}$  все еще остаются популярными методами оценки функционального состояния ССС и работоспособности (Бреслав И.С., 2013; Игнатьева В.П. и др., 2017). Однако, оценка

максимальной физической работоспособности и функциональных резервов предпочтительна при тредбанометрии, так как задействуется больше работающих мышц, чем на велоэргометре (Суджаева О.А. и др., 2015; Головин М.С. и др., 2022; Joyner M.J. et al., 2015).

Итак, соматотип и тип функционального реагирования должны лежать в основе спортивного отбора и дифференцированного подхода при проведении учебных и спортивно-тренировочных мероприятий (Казначеев В.П. и др., 1986; Корниенко И.А. и др., 2007; Зайцева И.П. и др., 2018), и являются важными ориентирами для изучения физической работоспособности человека (Коц Я.М., 1986; Кочеткова Е.Ф. и др., 2014; Мельников А.А. и др., 2023; Приходько А.Ю. и др., 2024). Изучение физической работоспособности и сравнение функциональных резервов после нагрузок до отказа у юношей с учетом индивидуально-типологических показателей может выявить важные системные взаимосвязи.

Эти вопросы приобретают особую актуальность в последнее десятилетие в связи с негативной динамикой состояния здоровья учащихся и студентов (Коурова О.Г. и др., 2015; Воронов Н.А., 2018; Гурьянов М.С. и др., 2021; Михайлова Н.И. и др., 2022; Айзман Р.И. и др., 2022). Это диктует необходимость определения функциональных возможностей обучающихся для нормирования физических нагрузок на занятиях физической культуры и в спортивных секциях (Баранов В.М. и др., 2004; Постановление Правительства Российской Федерации, 2017). В то же время, информационные технологии и ресурсная база в сфере физической культуры и студенческого спорта имеют достаточный потенциал для качественного преобразования системы здоровьесбережения студенческой молодежи (Довгалюк И.М. и др., 2019; Байгужин П.А. и др., 2022). В связи с этим, на наш взгляд, необходимо получить и алгоритмизировать данные о физическом потенциале здоровых юношей неспортсменов с разными типологическими характеристиками, что позволит зарегистрировать и внедрить базы данных и методические документы, строго регламентирующие субмаксимальные и максимальные нагрузки для студентов.

В свою очередь, корректная оценка проявлений физической работоспособности и функциональных резервов организма возможна только на основании генетических, морфофункциональных, функционально-биохимических и психофизиологических показателей (Король В.М. и др., 1985; Бондарева Э.А. и др., 2016; Кручинский Н.Г. и др., 2018; Мельников А.А. и др., 2023). Но сложность такой оценки заключается в большом количестве данных, которые необходимо интегрировать в единый показатель, и трудности организационного, этического, эмоционального и физического характеров для выполнения эргометрических нагрузок до отказа.

**Заключение по I главе.** Биологическая сущность понятия «конституция человека» может рассматриваться как генотип, отражающий морфологические, функциональные и психологические свойства личности во взаимодействии с внешней средой. До настоящего времени остается нерешённой проблема классификации соматотипов, так как предложено множество различных схем определения, хотя общим является то, что именно генетические факторы в конечном счете определяют конституцию человека. Поскольку в основе структурных особенностей и функциональных возможностей организма лежат метаболические процессы, регуляция которых генетически детерминирована и осуществляется нейроэндокринной системой, то изучение индивидуально-типологических особенностей этой системы имеет особо важное значение. Не вызывает сомнения, что генетические и функционально-биохимические предикторы указывают на предрасположенность соматотипа к определенным видам спорта. Кроме того, изучение особенностей энергообеспечения мышечной деятельности при нагрузках у людей разного возраста и уровня физического развития имеет большой научный и практический интерес для обоснования выбора подходящего (оптимального) объема дозируемой нагрузки и выбора вида спортивных занятий в зависимости от индивидуального соматотипа. Однако неучет соматотипа в практике учебно-тренировочных занятий нередко приводит к неадекватной дозировке нагрузок. При этом, на сегодняшний день нет четких количественных критериев для современной молодежи, по которым можно определить тип и объем субмаксимальных и

максимальных нагрузок, которые являются оптимальными и не приведут к патологическим последствиям для организма.

Тип функционального реагирования может быть детерминирован в равной степени генетикой и адаптивными реакциями в процессе жизни. Характер нервно-мышечной реакции может иметь большое практическое значение в качестве важного предиктора функциональных резервов. Соотношение морфологических и функциональных аспектов биологического статуса человека – один из центральных вопросов конституциологии, поскольку сама конституциональная концепция исходит из единства формы и функции.

Соматотип во взаимосвязи с типом функционального реагирования должны лежать в основе спортивного отбора и дифференцированного подхода при проведении учебных и спортивно-тренировочных мероприятий, и являются важными ориентирами для изучения физической работоспособности и функциональных резервов организма человека. Правильная оценка максимальных функциональных возможностей юношей с учетом индивидуально-типологических предикторов позволит преподавательскому составу определить степень готовности студентов для сдачи внутренних нормативов в вузе, норм ГТО и участия в различных соревнованиях без серьезного риска для здоровья. В свою очередь, корректная оценка проявлений физической работоспособности и функциональных резервов организма возможна только на основании генетических, морфофункциональных, функционально-биохимических и психофизиологических показателей. Но сложность такой оценки заключается в большом количестве данных, которые необходимо интегрировать в единый показатель, а также трудности организационного, этического, эмоционального и физического характеров для выполнения эргометрических нагрузок до отказа.

Решению некоторых из этих вопросов и посвящена настоящая работа.

## ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, КОНТИНГЕНТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### *2.1 Организация и контингент исследования*

В исследовании на основе добровольного информированного согласия приняли участие 136 практически здоровых физически подготовленных юношей – студентов двух вузов г.Новосибирска – ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет» (НГПУ) и «Новосибирский государственный технический университет» в возрасте 18-20 лет, отнесенных к первой и второй группам здоровья и к основной группе занятий физической культурой. Все обследуемые прошли дополнительный медицинский контроль у врача-кардиолога на базе НИИ гигиены Роспотребнадзора центра профпатологии с целью допуска к нагрузочному тестированию.

Все юноши дали добровольное письменное согласие на участие в обследовании и выполнение соответствующих процедур, а протоколы обследований были утверждены комиссией по этике Новосибирского государственного педагогического университета в соответствии с национальным стандартом надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и Хельсинской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (с поправками 2013 г.), «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г.

Нагрузочное тестирование и забор периферической крови проводили в лабораторных условиях на базе санатория-профилактория НГПУ. На всех этапах нагрузочного тестирования присутствовал квалифицированный медицинский работник, который контролировал состояние обследуемых, оценивая переносимость нагрузки по ЧСС и внешним признакам утомления.

Критерии остановки тестирования («отказ»): 1) превышение критического значения ЧСС, которое вычислялось по формуле:  $ЧСС_{\text{макс}} = 220 - \text{возраст, лет}$  (Царев Н.Н., 2019); 2) сигнал испытуемого исследователю о невозможности продолжать тестирование (в связи с возникающей резкой болью в мышцах, которая

обычно возникает из-за лактатного ацидоза); 3) испытуемый «отказывался» поддерживать повышающуюся нагрузку по различным причинам.

Все обследования и нагрузочные тесты были выполнены в один и тот же период осеннего семестра (октябрь-ноябрь).

Участник обследования по собственному желанию мог исключить нежелательный ему вид и методы из программы обследования.

Таблица 1 – Распределение участников и дизайн обследования

№	Метод исследования	Цель	Показатели	Количество участников
1	Антропометрический	Оценка соматотипа	Длина, масса тела, диаметры эпифизов плечевой и бедренной костей, обхваты предплечья и голени, сумма кожно-жировых складок	136
2	Типирование по видам реагирования	Оценка типа функционального реагирования	Сила и выносливость мышц кистей рук	
3	Типирование по вегетативному статусу	Оценка ВИК	ДАД и ЧСС в покое	
4	Психофизиологическое тестирование	Оценка нейродинамических процессов	Латентный период ПЗМР, РДО, сила, подвижность и уравновешенность нервных процессов	61
		Психологические особенности личности	Уровень негативизма, стрессоустойчивости, агрессии, тревожности, обиды и чувства вины	
5	Компьютерная спирометрия	Функциональное состояние дыхательной системы	Жизненная и максимальная емкость легких	34

6	Нагрузочный <b>степ-тест</b> до отказа, ступенчатый	Определение вклада аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения и оценка гомеостатических реакций	Анализ глюкозо-лактатного соотношения в динамике нагрузочного тестирования, биохимический профиль в покое и после максимальной нагрузки	42
7	Нагрузочный <b>степ-тест</b> до отказа, ступенчатый	Сравнение эргометрических показателей результативности и оценка физиологической «цены» нагрузок	Динамика ЧСС и АД, скорость тредбана во время АНП и отказа, преодоленное расстояние и суммарная мышечная работа на тредбанае, потеря массы тела	136
8	Нагрузочный <b>рамп-тест</b> до отказа, непрерывный			56
9	Биохимический анализ крови	Оценка динамики концентраций глюкозы, лактата и показателей белкового, жирового, минерального и ферментного состава	общий белок, альбумин, мочевины, мочевая кислота, креатинин, триглицериды, железо, кальций, магний, аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза и креатинфосфокиназа	42

## 2.2. Методы исследования

### 2.2.1. Морфологический статус юношей (определение соматотипа)

При определении индивидуальных особенностей соматотипа оценивали длину и массу тела. По формулам рассчитывали: Индексы Кетле ( $МТ/ДТ^2$ , кг/м<sup>2</sup>); и Пинье [ $ДТ$ , см – ( $МТ$ , кг -  $ОГК$ , см)].

Согласно алгоритму расчёта соматотипа, с помощью механического калиперметра определяли толщину кожно-жировых складок на всей поверхности тела в 10 точках: под подбородком; на щеке; над грудью; под лопаткой; справа от пупка; на задней поверхности предплечья; над подвздошной костью; на уровне 10

ребра; над коленом; на икроножной мышце. Эпифизы плеча и бедра измеряли высокоточным широкодиапазонным штангенциркулем. С помощью измерительной ленты измеряли экскурсию грудной клетки, а также обхваты плеча и голени. Полученные данные использовались для определения степени эндоморфии, мезоморфии и эктоморфии. Распределение юношей на соматотипы осуществляли по преобладанию одного из трех этих компонентов, на основании чего юноши были распределены на группы с преимущественным преобладанием признаков экто, мезо и эндоморфии - «Эктоморф» «Мезоморф» «Эндоморф» (Carter, J.E.L. et al., 1990).

### ***2.2.2. Определение типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата***

Тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата – «спринтер», «микст», «стайер» оценивали по методике В.П. Казначеева по отношению максимальной мышечной силы кистей рук (ММС) к их максимальной мышечной выносливости (ММВ).

Максимальную мышечную силу (ММС) определяли методом кистевой динамометрии [(сила правой + сила левой) кистей рук / 2] с помощью динамометра ДМЭР-120 Деканьютон (Тулиновский Приборостроительный Завод, Россия). Максимальную мышечную выносливость (ММВ) определяли следующим образом. В положении стоя обследуемому предлагали плотно, всей поверхностью пальцев обхватить баллон-датчик, связанный шлангом с гидроманометром, и опустить работающую руку вниз, не прижимая к бедру. В этом положении испытуемый должен был по команде с максимальным усилием плавно сжать баллон-датчик. После выявления максимальной величины силы кисти и последующего 2-минутного отдыха, обследуемому той же рукой необходимо было сжимать максимально длительное время баллон-датчик так, чтобы стрелка манометра показала величину усилия, равную 75% от максимальной, после чего включали секундомер и фиксировали время удержания стрелки манометра в этом положении (Казначеев В.П. и др., 1986). Дифференциацию на типы функционального реагирования нервно-

мышечного аппарата осуществляли по отношению максимальной мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ). Значения показателя ММС/ММВ менее 1,0 усл.ед. свидетельствуют о преобладании выносливости (тип «стайер»), 2 и более усл.ед. – о преобладании силовых качеств (тип «спринтер») и от 1,0 до 2,0 усл.ед. – промежуточный тип («миксты») (Казначеев В.П. и др., 1986).

### ***2.2.3. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы и физической работоспособности***

Для оценки сердечной деятельности с помощью кардиопередатчика Polar H10 проводили непрерывную запись ЧСС, начиная с разминки. Артериальное давление: САД (систолическое) и ДАД (диастолическое) в покое и после максимальной физической нагрузки измеряли автоматическим тонометром (Omron m3 expert, Япония) в положении лежа. На основании полученных данных рассчитывали:

УОК (ударный объем крови) вычисляли по формуле Старра:  $УОК = 90,97 + (0,54 * ПД) - (0,57 * ДАД) - (0,61 * В)$ , где: ПД – пульсовое давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; В – возраст, в годах.

МОК (минутный объем крови) вычисляли по формуле:  $МОК = УОК * ЧСС$ .

Распределение юношей по вегетативному типу проводили на основании вегетативного индекса Кердо, который рассчитывали по формуле:  $100 * (1 - ДАД / ЧСС)$ , где значения от -10 до +10 указывали на преобладание нормотонии; ниже -10 свидетельствовали о преобладании ваготонии (парасимпатикотонии), а показания выше +10 указывали на преобладании симпатикотонии.

Функциональные возможности дыхательной системы оценивали с помощью компьютерного спирометра и лицензионного программного обеспечения «Спиро-Спектр» (ООО «Нейрософт», Россия) по показателям жизненной емкости легких (ЖЕЛ, л) в состоянии покоя, при форсированном выдохе (ФЖЕЛ, л) и по максимальной вентиляции легких (МВЛ, л).

Физическую работоспособность оценивали по показателям: 1) суммарной мышечной работы, которая складывалась из «работ» на отдельных ступенях

нагрузочного теста:  $A_i$  (кг/м) =  $m \times (V_i \times t_i)$ , где  $m$  – масса тела испытуемого (кг),  $V_i$  – скорость движения полотна дорожки тредбана на каждой ступени нагрузки (м/с),  $t_i$  – время бега на  $i$ -ой ступени (секунды); 2) пройденного расстояния – суммы преодоленного расстояния на каждой ступени нагрузочного теста (м); 3) достигаемой скорости полотна тредбана на ступени «отказа» от нагрузки (км/ч).

#### ***2.2.4. Оценка функциональных резервов организма (протоколы нагрузочного тестирования)***

Протокол №1. *Ступенчатый характер нагрузки.* Перед началом тестирования была предусмотрена 5-минутная суставная разминка с упражнениями на растяжку. Длительность бега на каждой ступени составляла 3 минуты. Скорость первой ступени составила 7 км/ч, с последующим повышением скорости на каждой ступени на 1 км/ч. Забор крови из пальца проводили после каждой ступени в период 10–15 секундных пауз перехода между ступенями, когда испытуемый вставал на неподвижную часть тредбана (Чиков А.Е. 2020 и др.). Для прямого определения анаэробного порога (АнП) использовали показатель концентрации лактата 4 ммоль/л. (Исаев А.П. и др., 2013; Кашапов Р.И. и др., 2018; Баянкина Д.Е. и др., 2021; Ricci V., 1963; Conconi F. et al., 1982; Var-Or O., 1987; Vale P. et al., 1992; Cheng V. et al., 1992).

Протокол №2. *Непрерывно нарастающий характер нагрузки.* Данный метод базировался на плавном доведении испытуемого до отказа на тредбане с последующей фиксацией быстрой и медленной фаз восстановления ЧСС в положении стоя. Начальная скорость полотна тредбана составляла 7 км/ч, с последующим повышением скорости на 0,1 км/ч каждые 10 сек, что обеспечивало плавное и непрерывное нарастание нагрузки. Этот протокол нагрузки также был использован для определения анаэробного порога неинвазивным методом по динамике ЧСС (Козлов А.В. и др., 2019).

В обоих протоколах оценивали следующие показатели, характеризующие функциональные резервы юношей: динамику ЧСС; преодоленное расстояние и

суммарную мышечную работу на тредбане; ЧСС при анаэробном пороге и МПК (ЧСС отказа); скорость полотна тредбана в момент наступления АНП и отказа; глюкозо-лактатную взаимосвязь в динамике теста и биохимический профиль сывороточной крови до и после нагрузки; затраты организма (по потере массы тела), а также функционально-биохимические сдвиги гомеостаза.

Данные протоколы позволяют оценить реакцию юношей на субмаксимальную и максимальную физическую нагрузку до отказа и, соответственно, выявить функциональные резервные возможности организма.

### ***2.2.5. Определение биохимических показателей в сыворотке/плазме крови***

Для выявления глюкозо-лактатной взаимосвязи забирали капиллярную кровь из пальца после разминки и каждой последующей ступени, включая «отказ» и восстановительный период. Вклад лактатного ( $E_{aiLa}$ , кДж) механизма энергообеспечения рассчитывали по разнице концентраций лактата ( $\Delta La$ , ммоль/л) в капиллярной крови до и после теста:  $E_{aiLa} = \Delta La \times 0,0624 \times m/p$ , где  $m$  – масса тела человека (кг),  $p$  – плотность тела человека принята за 1 кг/л (Чиков А.Е. и др., 2020). Определение концентрации лактата и глюкозы в капиллярной крови проводили на биохимическом анализаторе Super GL Ambulance производства компании Dr. Muller, Германия.

Для оценки биохимического профиля в покое и после проведения максимальной ступенчатой нагрузки забирали венозную кровь в объеме 5-6 мл, в плазме которой определяли концентрацию следующих субстратов: общего белка, альбумина, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, триглицеридов, железа, кальция, магния, аланинаминотрансферазы, аспаратаминотрансферазы и креатинфосфокиназы – с помощью биохимического анализатора BS – 200 E (Mindray, Китай).

### **2.2.6. Оценка психофизиологического статуса обследуемых**

Комплекс психофизиологических параметров определяли с помощью сертифицированной компьютерной программы «Мониторинг здоровья студентов и спортсменов» (Айзман Р.И. и др., 2009). Свойства нервных процессов оценивали с помощью психофизиологических тестов: подвижность – по простой зрительно-моторной реакции, на основании чего определяли коэффициенты подвижности и продуктивности нервных процессов, среднее время реакции на световой стимул; уравновешенность – по реакции на движущийся объект, позволяющей оценить баланс нервных процессов. Определяли также следующие параметры когнитивной сферы: объем механической и смысловой памяти, объем и скорость переключения внимания.

Психологические особенности личности (уровень негативизма, стрессоустойчивости, агрессии, тревожности, обиды и чувства вины) оценивали с помощью следующих методик:

- «Бостонский тест на стрессоустойчивость» (показатель стрессоустойчивости);
- «Шкала тревоги Спилбергера-Ханина» (STAI) в адаптации Ю.Л. Ханина (шкалы: реактивная и личностная тревожность);
- «Опросник уровня агрессивности Басса-Дарки» (шкалы: негативизм, физическая, вербальная и косвенная агрессии, раздражимость, обида, подозрительность, чувство вины).

С помощью компьютерной программы выявляли также мотивацию к успеху, уровень невротизма и спортивную аддикцию.

### **2.2.7. Математические методы анализа экспериментального материала**

Полученный материал обработан общепринятыми методами математической статистики с использованием программы STATISTICA v.10 for Windows и пакета Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения была проверена по критерию Шапиро-Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в

виде медианы ( $Me$ ) и  $Q1-Q3$  – нижняя и верхняя квартили, а параметрических – как среднее значение и его стандартное отклонение для выборок ( $M \pm q$ ). В случае сравнения связанных выборок (при сравнении различий между фоном и отказом) статистическую значимость различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Z-критерия Уилкоксона для выборок с отсутствием нормального распределения. При одновременном сравнении несвязанных выборок (3-х групп соматотипов и типов функционального реагирования) применили дисперсионный анализ ANOVA в случае нормального распределения, а при его отсутствии использовали H-критерий Краскела-Уоллиса. Для выявления взаимосвязей между показателями проводили корреляционный анализ по Спирмену.

Для выявления вклада изучаемых показателей в уровень физической работоспособности юношей проводили множественный регрессионный анализ. Средняя ошибка аппроксимации и средняя относительная ошибка не превышали 8%. Скорректированные коэффициенты детерминации полученных моделей имели относительно высокие значения от 73% до 87%. Функцию параметра лямбда  $\lambda = 0,1$  применили с целью снижения мультиколлинеарности; свободный член также был включен в уравнения. Минимальное значение остатков сообщало о наличии минимальной разности между наблюдаемым значением независимой переменной и его предсказанным показателем, что подтверждает достаточную валидность моделей (Алексина Л.А. и др., 2011; Медведева К.А., 2016; Ковалев А.А. и др., 2019).

### ГЛАВА 3. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ СОМАТОТИПОМ И ТИПОМ РЕАГИРОВАНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА

#### *3.1. Распределение обследуемых юношей по соматотипам*

Как видно из таблицы 2, в результате соматотипирования всех обследуемых по Хит-Картеру в первую группу попало 42 юношей эктоморфного соматотипа, во вторую - 57 представителей мезоморфного и в третью группу - 37 юношей эндоморфного соматотипа. В каждой соматотипической группе выделяли юношей с разными типами функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Оказалось, что среди юношей эндоморфного соматотипа спринтеры, миксты и стайеры распределялись практически поровну. В то же время, среди юношей мезоморфного соматотипа отмечали высокую встречаемость спринтеров, а среди представителей эктоморфного типа – существенно преобладали стайеры.

Сопоставляя полученные нами данные с литературными, можно отметить, что подобный характер распределения юношей по типам функционального реагирования среди соматотипов обнаружился у спортсменов лыжников и биатлонистов – у представителей эктоморфного соматотипа преобладало количество микстов и стайеров (Гиренко Л.А. и др., 2012).

Таблица 2 – Распределение юношей разных соматотипов

Соматотип	Тип функционального реагирования
Эктоморфный (42 чел.) 31%	■ Спринтер (8) 19% Микст (15) 36% Стайер (19) 45%
Мезоморфный (57 чел.) 42%	Спринтер (24) 42% Микст (19) 33% Стайер (14) 25%

Эндоморфный (37 чел.) 27%	Спринтер (11) 30% Микст (13) 35% Стайер (13) 35%
------------------------------	--

*Примечание:* значимые различия ■ – относительно спринтеров мезоморфного типа (по Фишеру)

Статистический анализ распределения юношей разных типов функционального реагирования среди соматотипов показал, что доля стайеров в эктоморфном соматотипе больше, чем в других группах, а доля спринтеров значимо больше среди юношей мезоморфного типа по сравнению с эктоморфным (2,5 по критерию Фишера). Внутри эндоморфного соматотипа имелись примерно равные доли юношей разного типа функционального реагирования.

Если же рассматривать различия внутри групп соматотипов, то в группах с эндоморфным соматотипом распределение функциональных типов соответствует теоретическому, тогда как у эктоморфов выявляется тенденция к превышению доли стайеров по сравнению с микстами и особенно со спринтерами ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 4,4$ ;  $\chi^2_{\text{табл}} = 5,9$  при  $p = 0,11$ ).

Таким образом, для каждого соматотипа имеется преимущественная доля юношей с тем или иным типом функционального реагирования, что свидетельствует о специфической взаимосвязи морфологических и функциональных показателей.

### ***3.1.1. Морфофункциональные показатели юношей разных соматотипов***

Из таблицы 3 видно, что юноши из разных соматотипических групп имели между собой ряд существенных отличий по морфологическим показателям: массе тела и, соответственно, индексам Кетле и Пинье, а также сумме кожно-жировых складок: у эндоморфов эти показатели были достоверно выше, чем у эктоморфов, тогда как мезоморфы занимали промежуточное положение при практически одинаковой длине тела. Значения Индекса Кердо (Демин А.В. и др., 2013) указывали на некоторую симпатикотонию у лиц с эндоморфным соматотипом, в то время как

мезо- и эктоморфы тяготели больше к нормотонии. По функциональным показателям различия между соматотипами были выражены в меньшей степени. Представители мезоморфного соматотипа по кистевому жиму были сильнее и существенно различались от своих сверстников эктоморфов, однако уступали им по выносливости, тогда как эндоморфы значимо не выделялись среди соматотипов по силовым параметрам. Систолическое и диастолическое артериальное давление, а также ЧСС в покое статистически не отличались между юношами с разными соматотипами, однако показания пульса после максимальной нагрузки свидетельствовали о значимых различиях между эндо- (в большую сторону), и эктоморфным соматотипами.

Анализ ударного и минутного объема крови в состоянии покоя и после максимальной нагрузки не выявил статистических различий между юношами разных соматотипов.

Таким образом, при анализе соматотипов по Хит-Картеру самые существенные отличия закономерно проявились по морфологическим показателям, а различия по функциональным параметрам между соматотипами были выражены в меньшей степени: в основном, они выявились между экто- и эндоморфами после физической нагрузки по силе и выносливости кистей рук и пульсу. Следует отметить, что основные морфологические показатели (массо-ростовой индекс Кетле и функциональные показатели сердечно-сосудистой системы в покое в целом соответствовали референсным значениям юношей Сибирского региона с некоторой тенденцией к повышению САД, УО и МОК, что может указывать на хорошее физическое развитие обследуемых юношей.

Таблица 3 – Морфологические характеристики и статическая работоспособность юношей разных соматотипов ( $M \pm q$ )

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =37)	Мезоморфный (n =57)	Эктоморфный (n =42)
Длина тела, см	179,7±6,3	176,6±5,9	183,2±6,7■
Масса тела, кг	80,0±12,1 ■	72,6±8,5▲	67,3±7,2▲■

Индекс Кетле (20–25)	24,5±2,7■	23,2±2,1▲	20,0±1,1▲■
Индекс Пинье	8,6±15■	16,3±9,8▲	31,6±6,6▲■
Мышечный индекс	14,6±3,5	17,5±3,7▲	17,4±4,1▲
Индекс Кердо	8,5±9,0	3,0±16,9	0,2±14,8
Сумма складок, мм	157,3±40,2■	101,0±30,2▲	82,4±17,1▲■
Сила правой кисти, кг	48,9±6,2	52,0±6,6	48,2±5,9■
Сила левой кисти, кг	46,7±7,0	49,4±7,5	45,2±6,5■
Выносливость правой кисти, сек	41,0±13,5	39,0±12,8	45,5±11,1■
Выносливость левой кисти, сек	40,8±17,7	39,7±13,0	46,9±18,9▲■
ЧСС в покое и после максимальной нагрузки уд/мин, (69–77)	71,2±5,8 197,7±6,8*	68,7±8,8 194,1±6,5*	68,3±8,9 191,1±6,6*▲
САД в покое и после максимальной нагрузки, мм рт.ст. (115–125)	126,6±8,8 175,6±21,7*	130,4±8,4 183,6±13,8*	128,2±8,6 182,9±17,6*
ДАД в покое и после максимальной нагрузки, мм рт.ст. (68–73)	64,7±5,0 62,1±15,7	65,7±8,4 65,8±12,5	67,4±8,2 63,7±15,6
Ударный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, мл (66–69)	74,8±7,5 105,6±21,7*	76,7±10,3 105,6±16,6*	73,7±10,2 107,3±17,7*
Минутный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, л (4,6–5,2)	5,3±0,7 21,0±0,4*	5,2±0,9 20,0±3,3*	4,9±0,8 20,1±3,3*

*Примечание:* статистически значимые различия относительно: ▲ – эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного типа; \* - покоя; М – средняя арифметическая выборочной совокупности; q – стандартное отклонение при параметрическом распределении. В скобках жирным шрифтом показаны референтные значения показателей в покое для юношей соответствующего возраста Сибирского региона.

Анализ основных функциональных показателей респираторной системы также не выявил значимых отличий между юношами разных соматотипов в покое и после

нагрузки. Расчет должных величин с использованием системы нормативов Р.Ф. Клемента показал хорошее совпадение эмпирических данных с расчетными (табл. 4)

Таблица 4 – Результаты спирометрии у юношей с разными соматотипами

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =10)	Эктоморфный (n =12)
ЖЕЛ, л	5,36 (4,62–5,72)	5,51 (5,02–5,98)	4,86 (4,40–5,65)
Должная ЖЕЛ, л	5,0 (4,8–5,3)		
ФЖЕЛ, л	4,77 (4,20–5,50)	5,01 (4,38–5,30)	4,23 (3,66–5,52)
Должная ФЖЕЛ, л	4,8 (4,6–5,1)		
МВЛ, л/мин	148 (119–162)	152 (123–168)	145 (114–157)
Должная МВЛ, л/мин	120–170		

### ***3.1.2. Биохимические показатели у юношей разных соматотипов***

Концентрации глюкозы и лактата в состоянии покоя не отличались между юношами разных соматотипов. Однако после ступенчатой физической нагрузки на тредбане выявились особенности, характерные для каждого соматотипа. Концентрация глюкозы значимо не изменялась у юношей всех групп, однако у эндоморфов прирост концентрации по сравнению с фоном был наибольший, а у эктоморфов – наименьший. Особенно на последних отрезках тестирования отмечался значимый прирост концентрации субстрата у юношей всех соматотипов в связи с увеличением объема нагрузки (табл.5).

Аналогично изменялась концентрация лактата: при равных значениях в покое после нагрузки наибольший прирост концентрации отмечался у эндоморфов и наименьший – у эктоморфов, тогда как мезоморфы занимали промежуточное положение, хотя были ближе к эндоморфному соматотипу. На 8-й и 9-й ступенях нагрузочного тестирования выявлено, что у юношей эктоморфного соматотипа прирост концентрации лактата замедлялся, тогда как у эндо и мезоморфного типов, наоборот, выработка лактата усилилась (табл.5).

Таким образом, у юношей эктоморфного соматотипа по сравнению с эндоморфным при относительно равной нагрузке происходили значимо более низкие сдвиги концентрации лактата в динамике нагрузочного тестирования, что приводило к меньшему лактатному вкладу и, соответственно, вероятно, большему задействованию процессов аэробного гликолиза.

Таблица 5 – Концентрации глюкозы и лактата у юношей с разными соматотипами после максимальной нагрузки на тредбане

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =11)	Эктоморфный (n =13)
<b>Глюкоза, мМ/л, (фон)</b>	4,49 (4,39–4,68)	4,65 (4,44–4,84)	4,56 (4,38–4,67)
после 1 ступени.	4,44 (4,32–4,61)	4,73 (4,54–4,80)	4,59 (4,32–4,76)
2 ст.	4,38 (4,29–4,78)	4,81 (4,47–4,97)	4,58 (4,33–5,04)
3 ст.	4,36 (4,24–4,70)	4,82 (4,31–4,97)	4,66 (4,35–4,87)
4 ст.	4,33 (4,08–4,63)	4,79 (4,49–4,84)	4,59 (4,40–4,96)
5 ст.	4,28 (4,04–4,57)	4,61 (4,43–4,82)	4,72 (4,48–5,05)
6 ст.	4,37 (4,18–4,58)	4,50 (4,36–4,90)	4,70 (4,38–5,16)
7 ст.	4,33 (4,20;4,62) (n=8)	4,76 (4,64;5,11) (n=7)	4,85 (4,72;5,07) (n=9)
8 ст.	♦4,79 (4,33;5,47) (n=8)	4,93 (4,38;5,52) (n=7)	♦5,25 (4,70;5,40) (n=8)
9 ст.	♦5,69 (5,22;6,38) (n=5)	♦5,11 (4,97;5,30) (n=5)	♦5,67 (4,88;6,23) (n=5)
Отказ	*5,63 (4,68–6,38)	*5,39 (4,93–6,40)	5,12 (4,72–5,50)
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*5,36 (5,03–6,24)	*5,32 (4,46–6,36)	5,20 (4,32–5,68)
<b>Лактат, мМ/л, (фон)</b>	2,10 (1,76–2,22)	2,01 (1,54–2,29)	2,18 (1,38;2,34)
после 1 ступени.	♦3,09 (2,39–3,38)	♦2,62 (1,72–3,15)	♦2,67 (1,95–3,21)
2 ст.	♦2,06 (1,79–2,50)	♦2,11 (1,48–2,76)	♦1,59 (1,47–2,24)
3 ст.	♦2,53 (2,06–2,92)	♦2,76 (1,58–3,46)	1,82 (1,65–2,42)
4 ст.	♦3,41 (3,02–3,51)	♦3,22 (2,69–4,51)	♦2,28 (2,08–3,15) ▲
5 ст.	♦4,28 (4,33–4,72)	♦3,90 (2,73–5,57)	♦3,53 (2,64–4,32)
6 ст.	♦5,64 (4,98–7,45)	♦4,70 (3,16–6,81)	♦4,51 (3,42–5,52) ▲
7 ст.	♦7,12 (6,12;9,77) (n=8)	♦6,68 (4,78;8,28) (n=7)	♦6,75 (4,87;7,52) (n=9)
8 ст.	♦10,70 (7,98;13,42) (n=8)	♦8,56 (6,69;9,65) (n=7)	♦8,07 (5,05;9,82) (n=8)
9 ст.	♦13,70 (13,50;13,90) (n=5)	♦12,40 (9,95;12,70) (n=5)	7,55 (6,18;11,22) (n=5)
Отказ	*12,00 (9,98–13,70)	*9,95 (8,80–16,10)	*7,52 (6,76–10,10)▲
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*7,45 (5,53–10,30)	*7,37 (4,77–10,70)	*4,02 (3,26–6,56) ▲

Лактатный вклад в энергообеспечение (EaiLa), (кДж)	49,3 (43,2;52,9)	46,4 (27,7;59,5)	26,3 (15,7;34,5) ▲■
--	------------------	------------------	---------------------

*Примечание:* статистически значимые различия относительно: \* – фона; ◆ – высоты следующей ступени; ▲ –эндоморфного соматотипа; ■ –мезоморфного соматотипа

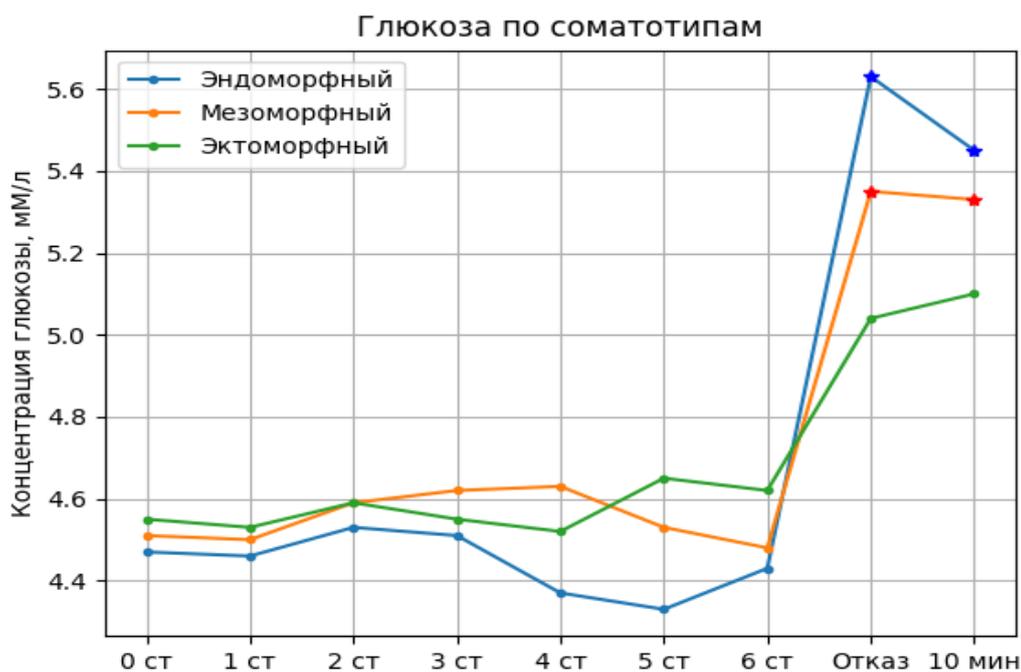


Рисунок 2. Концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей с разными соматотипами на различных этапах нагрузочного тестирования

*Примечание:* жирный ромб обозначает значимые различия относительно предыдущей ступени; звездочка - относительно фона

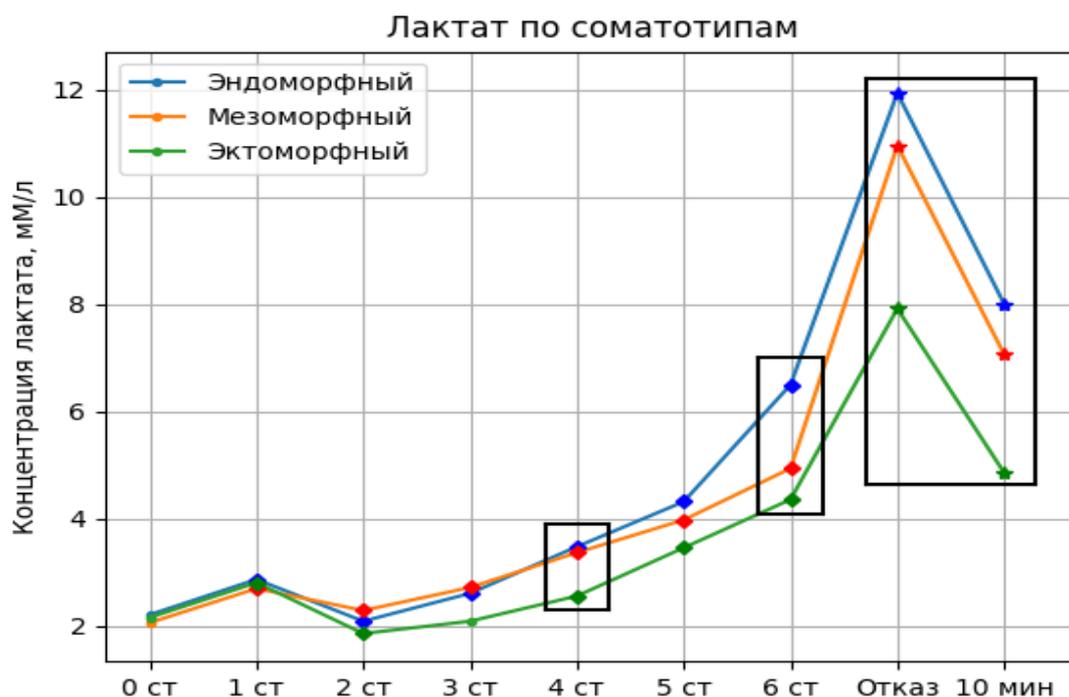


Рисунок 3. Концентрация лактата в капиллярной крови юношей с разными соматотипами на различных ступенях нагрузочного тестирования

*Примечание:* в  отмечены ступени, где выявлены значимые отличия между крайними соматотипами; жирный ромбик обозначает значимые различия относительно предыдущей ступени; звездочка - относительно фона

Для выявления механизма ответной реакции на физическую нагрузку при ступенчатом нагрузочном тестировании использовали информативный критерий - анализ глюкозо-лактатного соотношения. Как видно из таблицы 6, индексы глюкозо-лактатного соотношения значительно снизились после 1-й ступени, затем повысились после 2-й ступени, и в последующем снижались относительно предыдущей ступени во всех соматотипических группах до наступления отказа. Спустя 10 мин восстановления показатель повысился и соответствовал значениям 6-7 ступеням у всех соматотипов. Статистически значимые различия были выявлены между юношами эндоморфного, мезоморфного и эктоморфного соматотипов после 4-й ступени и во время отказа.

Таблица 6 – Глюкозо-лактатное соотношение у юношей разных соматотипов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (Me (Q1; Q3))

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =11)	Эктоморфный (n =13)
<b>Глюкоза/Лактат, мМ/л, (фон)</b>	2,11 (1,95;2,33)	2,31 (1,90;2,87)	2,54 (1,94;2,96)
после 1 ступени.	◆1,52 (1,31;1,88)	◆1,80 (1,48;2,42)	◆1,72 (1,37;2,16)
2 ст.	◆2,19 (1,73;2,78)	◆2,12 (1,80;3,41)	◆2,89 (2,21;3,32)
3 ст.	◆1,83 (1,38;2,13)	◆1,71 (1,44;2,73)	◆2,45 (1,89;2,83)
4 ст.	◆1,38 (0,99;1,53)	◆1,39 (1,03;1,87)	◆1,90 (1,45;2,24) ▲■
5 ст.	◆1,04 (0,80;1,25)	◆1,15 (0,83;1,62)	◆1,29 (1,01;1,76)
6 ст.	◆0,80 (0,56;0,83)	◆0,96 (0,66;1,38)	◆1,01 (0,81;1,32)
7 ст.	◆0,61 (0,41;0,78)	◆0,73 (0,56;0,97)	◆0,72 (0,63;1,01)
8 ст.	0,51 (0,38;0,57)	◆0,53 (0,47;0,74)	◆0,57 (0,47;1,12)
9 ст.	0,41 (0,33;0,52)	0,42 (0,40;0,44)	0,69 (0,49;0,92)
Отказ	*0,40 (0,39;0,50)	*0,42 (0,37;0,72)	*0,71 (0,58;0,86) ▲■
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*0,68 (0,61;0,82)	*0,65 (0,55;1,33)	*1,06 (0,73;1,50)

*Примечание:* значимые отличия относительно: \* – фона; ◆ – высоты следующей ступени; ▲ – эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного соматотипа

Таким образом, после ступенчатой физической нагрузки на тредбане выявилась динамика глюкозо-лактатного соотношения общая для всех соматотипов, что свидетельствует об одинаковых механизмах энергообеспечения мышечной работы. Однако в абсолютных значениях сдвигов концентрации этих субстратов выявились межсоматические различия: концентрация глюкозы и лактата повышались в значительной степени у эндоморфов, а в наименьшей - у эктоморфов, тогда как мезоморфы по приросту концентраций этих субстратов занимали промежуточное положение.

Протокол ступенчатой нагрузки позволил также оценить лактатные вклады в обеспечение мышечной работы на каждой ступени в отдельности относительно фона и между соседними ступенями, начиная с первой.

Таблица 7 –Лактатные вклады юношей разных соматотипов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа относительно предыдущей ступени (Me (Q1; Q3))

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =11)	Эктоморфный (n =13)
Лактатный вклад, после 1 ступени.	4,70 (2,52;5,82)	2,01 (0,91;4,32)	3,23 (2,34;4,74)
2 ст.	◆-4,63 (-7,20;0,26)	◆-1,24 (-3,63;1,19)	◆-2,89 (-6,03;-0,38)
3 ст.	◆2,19 (1,11;3,30)	◆1,88 (1,07;2,96)	◆0,92 (0,31;1,65) ▲
4 ст.	◆3,51 (2,74;6,21)	2,40 (2,09;4,78)	◆2,00 (1,01;2,85) ▲
5 ст.	4,33 (2,77;6,02)	1,75 (0,79;3,23)	◆3,79 (2,09;5,38)
6 ст.	◆7,97 (4,53;13,81)	◆3,64 (2,27;5,37) ▲	4,37 (3,09;5,92) ▲
7 ст.	10,89 (6,52;16,97)	◆7,90 (4,82;9,00)	◆7,36 (6,26;8,24)
8 ст.	11,59 (5,32;24,12)	8,48 (6,49;9,79)	7,82 (5,00;10,53)
9 ст.	◆27,6 (21,5;30,28)	◆19,33 (18,49;26,02)	12,58 (7,87;21,31)

*Примечание:* значимые отличия относительно: \* – фона; ◆ – высоты следующей ступени; ▲ –эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного соматотипа

Так, лактатный вклад значимо менялся относительно следующей ступени, однако, неравномерно внутри разных соматотипических групп. Не зафиксировано значимых отличий относительно 5, 7 и 8 ступеней у эндоморфного типа, 4, 5 и 8 ступеней у мезоморфного соматотипа и 6, 8 и 9 ступеней у лиц с эктоморфной конституцией.

Лактатный вклад юношей с разным соматотипом между группами значимо не отличался после первой и второй ступеней тестирования, однако после 3 и 4 ступени выявились статистически значимые различия между эктоморфным и эндоморфным типами. При этом, по результатам 6 ступени у студентов эндоморфного соматотипа выявился значимо более высокий вклад лактатных механизмов в энергообеспечение мышечной деятельности.

В динамике ступенчатой нагрузки лактатный вклад эндоморфов значимо повышался относительно юношей с эктоморфным телосложением, а на завершающих отрезках теста эндо- и мезоморфы показали высокий вклад лактатных механизмов в отличие от эктоморфов.

Следовательно, юноши экторморфного соматотипа, по сравнению с эндоморфным и мезоморфным, в результате нагрузочного тестирования имели меньший лактатный вклад в энергетические процессы при высоком заедействовании процессов аэробного гликолиза.

Еще более выраженные отличия между соматотипическими группами выявились при сравнении лактатных вкладов на каждой ступени по отношению к фоновым значениям (табл.8).

Таблица 8 – Лактатные вклады юношей разных соматотипов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (изменения относительно фона) (Me (Q1; Q3))

Показатели	Соматотип		
	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =11)	Экторморфный (n =13)
Лактатный вклад, после 1 ступени. (принят за фоновые значения)	4, 70 (2,52;5,82)	2, 01 (0,91;4,32)	3,23 (2,34;4,74)
2 ст.	*0,07 (-1,99;3,30)	*0,81 (-1,33;2,07)	*0,22 (-2,15;1,30)
3 ст.	2,73 (-0,69;5,47)	2,94 (0,92;4,83)	1,27 (-1,39;2,19)
4 ст.	6,97 (5,15;9,16) o	5,49 (4,64;8,61)	3,17 (-0,47;4,95) ▲
5 ст.	*10,59 (4,41;12,81)	*7,73 (6,29;13,43)	*6,47 (3,05;9,63)
6 ст.	*17,25 (11,91;26,56)	*11,37 (9,03;19,11)	*10,30 (5,55;16,28) ▲
7 ст.	*24,13 (20,40;36,35)	*19,24 (16,48;25,28)	*21,27 (13,70;26,23)
8 ст.	*40,68 (28,20;61,17)	*27,72 (24,36;31,27)	*24,48 (13,16;36,75)
9 ст.	*52,18 (50,91;54,94)	*44,62 (33,63;46,39)	*20,98 (20,48;39,73)

*Примечание:* значимые отличия относительно: \* – фона; ▲ –эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного соматотипа

Как видно, лактатный вклад на каждой ступени по сравнению с фоном был неоднородный и неравномерный внутри соматотипических групп. Лактатные вклады значимо не отличались между группами до 3-й ступени. На 4-й ступени уже выявились достоверные отличия между юношами крайних соматотипов и по мере выполнения теста разница лактатного вклада между эндо- и экторморфами возрастала, свидетельствуя о большем вкладе эндоморфами анаэробных процессов при выполнении физической нагрузки. Мезоморфный соматотип по этому показателю занимал промежуточное положение.

Таким образом, при разных вариантах расчета наиболее значимые различия вклада лактатных механизмов выявились между юношами с эндоморфным и эктоморфным соматотипами, что свидетельствует о различии механизмов энергообеспечения мышечной работы у юношей этих соматотипов и преобладании анаэробных процессов у эндоморфов по сравнению с эктоморфами.

Различия в лактатном вкладе у юношей разных соматотипов в динамике выполнения степ-теста подчеркивают функционально-биохимические особенности конституциональных типов, которые особенно проявляются при выполнении физической нагрузки.

### ***3.1.3. Гомеостатические показатели юношей разных соматотипов***

Анализ биохимических показателей сыворотки крови у юношей в покое и (табл. 9) не выявил значимых отличий между обследуемыми разными соматотипическими группами, тогда как после физической нагрузки отмечались значимые приросты относительно фона концентраций креатинина и креатинфосфокиназы. Прирост содержания общего белка был зафиксирован только у юношей эндо- и мезоморфного соматотипов. Остальные гомеостатические показатели крови в покое и после максимальной нагрузки между соматотипическими группами статистически не различались.

Все изученные показатели крови укладываются в референсные значения, характерные для юношей соответствующей возрастной группы, что указывает на состояние здоровья обследуемых (некоторое превышение концентрации альбумина по сравнению с референсными значениями пока мы объяснить не можем).

Таким образом, выявленные биохимические особенности между соматотипами проявляются главным образом после максимальной физической нагрузки.

Таблица 9 – Биохимические показатели сывороточной крови юношей с разными соматотипами в покое и после максимальной нагрузки на тредбане (Me (Q1; Q3))

Показатели в покое / спустя 10 мин. восстановления после отказа	Соматотип			
	П-д	Эндоморфный (n =12)	Мезоморфный (n =11)	Эктоморфный (n =13)
<b>Минеральный обмен</b>				
Кальций, ммоль/л <b>(2,15–2,55)</b>	Ф	2,38 (2,33;2,42)	2,34 (2,33;2,36)	2,39 (2,32;2,45)
	В	2,41 (2,20;2,46)	2,34 (2,26;2,45)	2,33 (2,29;2,50)
Магний, ммоль/л <b>(0,70–0,91)</b>	Ф	0,65 (0,61;0,76)	0,74 (0,68;0,75)	0,64 (0,63;0,69)
	В	0,69 (0,57;79)	0,60 (0,57;0,63)	0,67 (0,61;0,70)
Железо, мкмоль/л <b>(11–28)</b>	Ф	23,19 (9,82;26,35)	23,20 (20,41;27,73)	17,61 (15,65;24,52)
	В	26,52 (12,33;27,77)	22,0 (19,9;26,0)	19,22 (15,66;21,29)
<b>Белковый обмен</b>				
Общий белок, г/л <b>(64–83)</b>	Ф	81,62 (80,55;84,27)	82,63 (80,37;85,25)	83,86 (81,53;88,58)
	В	*91,0 (84,2;93,17)	*87,92 (84,26;91,11)	83,77 (82,28;92,32)
Креатинин, мкмоль/л <b>(62–106)</b>	Ф	97,69 (92,28;103,17)	82,94 (80,5;90,23)	94,57 (89,5;98,66)
	В	*107,4 (95,33;125,0)	*97,7 (90,4;100,68)	*100,0 (95,4;111,0)
Мочевина, ммоль/л <b>(2,9–7,5)</b>	Ф	4,04 (3,13;5,28)	4,33 (3,75;5,25)	3,74 (3,30;5,03)
	В	4,82 (3,36;5,94)	4,55 (3,98;5,73)	4,04 (3,65;5,19)
Альбумин, г/л <b>(35–52)</b>	Ф	61,47 (60,02;63,12)	58,14 (55,59;60,67)	60,83 (59,34;62,06)
	В	60,71 (59,15;63,91)	62,27 (60,33;64,77)	61,51 (60,29;64,43)
<b>Жировой обмен</b>				
Триглицериды, ммоль/л <b>(0,5–1,8)</b>	Ф	0,72 (0,66;1,46)	1,03 (0,70;2,01)	0,80 (0,53;1,03)
	В	0,88 (0,63;1,11)	1,19 (0,88;1,38)	0,76 (0,61;0,90)
<b>Ферментный обмен</b>				
Мочевая кислота, мкмоль/л <b>(202–416)</b>	Ф	412 (355;486)	428 (331;481)	355 (317;426)
	В	397 (280;595)	463 (412;545)	380 (360;432)
Креатинфосфокиназа, ед/л (<190)	Ф	127,32 (89,6;152,5)	86,60 (59,7;110,0)	106,32 (64,3;146,5)
	В	*141,88 (118,5;175,0)	*115,72 (76,8;129,8)	*117,12 (76,9;161,8)
Аланинаминотранс- фераза, ед/л (до 41)	Ф	9,06 (6,1;13,8)	10,84 (8,1;16,2)	8,60 (8,0;10,3)
	В	9,44 (6,3;11,7)	14,42 (10,3;24,2)	8,00 (7,4;9,0)
Аспаратаминотранс- фераза, ед/л (до 40)	Ф	20,80 (11,5;30,0)	23,35 (20,9;24,8)	19,32 (17,2;22,4)
	В	20,31 (14,2;26,8)	27,45 (21,7;27,2)	20,66 (16,8;23,0)

*Примечание:* \* – значимые различия относительно фоновых значений; Ф – фон; В – спустя 10 минут восстановления после отказа. В скобках жирным шрифтом указаны референтные значения.

Более высокий прирост глюкозы, лактата и общего белка в плазме крови у юношей эндо- и мезоморфного соматотипов по сравнению с эктоморфным может свидетельствовать о большем включении как аэробных, так и анаэробных

механизмов в обеспечении энергетических процессов при выполнении нарастающей физической нагрузки. Это, вероятно, отражает их более низкие функциональные резервы для реализации циклической мышечной нагрузки на тредбане.

### 3.1.4. Психофизиологические показатели у юношей разных соматотипов

Анализ психофизиологического статуса обследуемых юношей показал (табл. 10), что по абсолютному большинству показателей, характеризующих личностные и психофизиологические особенности студентов, существенных отличий между юношами с разными соматотипами не выявлено.

Таблица 10 – Психофизиологический статус юношей с разными соматотипами  
( $M \pm q$ )

Показатели	Референс- ные значения (средние)	Соматотип		
		Эндоморфный (n = 17)	Мезоморфный (n = 23)	Эктоморфный (n = 21)
<i>Психологические характеристики личности, баллы</i>				
Негативизм	3	2,4±1,1	2,2±1,0	2,6±1,3
Стрессоустойчивость	11-30	34,6±7,2	35,7±5,8	36,9±6,7
Реактивная тревожность	31-45	22,4±13,2	21,5±9,8	19,9±6,3
Личностная тревожность		34,0±8,8	35,9±7,3	31,1±8,9
Физическая агрессия	5,8	4,5±1,2	3,7±1,7	4,2±1,5
Косвенная агрессия	3-4	3,6±1,4	3,4±1,1	3,8±1,3
Раздражение		4,7±2,7	3,3±1,1	3,4±1,8
Обида		3,5±1,8	3,3±1,1	3,7±2,2
Подозрительность		4,8±1,3	5,4±1,7	5,2±1,7
Вербальная агрессия	6,2	5,2±1,6	6,0±0,8	6,3±1,5
Чувство вины	4-5	5,0±1,6	7,1±1,0	4,1±2,3■
Мотивация к успеху	18,7-19,3	16,7±3,4	17,5±4,9	18,9±3,3
Невротизм	8-12	10,8±4,6	10,0±3,3	8,7±4,8
Лживость	3-5	4,1±2,5	5,0±2,2	4,6±2,2
<i>Нейродинамические показатели</i>				
Объем механической памяти, баллы	5,0-6,6	5,0±1,5	4,7±1,5	4,8±1,2

Объем смысловой памяти, баллы	8,8-9,2	7,5±1,8	7,4±1,3	8,2±1,5
Коэффициент подвижности нервных процессов	1,7	1,7±0,3	1,7±0,2	1,8±0,2
Коэффициент продуктивности нервных процессов	0,5	0,5±0,1	0,6±0,1	0,5±0,1
Среднее время реакции на зрительный стимул, (мс)	190-210	191,3±36,3	199,2±17,1	204,1±21,6
Время переключения внимания, (мс)	59-64	69,0±23,3	51,8±18,6	53,9±19,1
Время опережений, (мс)	235-325	357,7±210,1	148,2±92,2	115,0±70,0▲
Время запаздываний, (мс)	115-150	199,7±87,3	187,8±95,4	230,3±110,6

*Примечание:* статистически значимые различия относительно: ▲ –эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного соматотипа

Только уровень чувства вины у юношей эктоморфного типа оказался гораздо меньше, чем у мезоморфного. По нейродинамическому показателю - время ответной реакции на зрительный стимул, эндоморфы превосходили сверстников эктоморфного типа по времени опережения. Сравнивая соотношение времени опережения и запаздывания реакций на зрительный стимул, можно видеть баланс этих показателей у мезоморфов, преобладание времени опережений у эндоморфов, и преобладание времени запаздывания у эктоморфов. Вероятно, это свидетельствует о некотором преобладании процессов возбуждения у эндоморфов, торможения – у эктоморфов и балансе нервных процессов у мезоморфов.

Таким образом, анализ представленного материала позволяет заключить, что между соматотипическими группами юношей имеются достоверно выраженные отличия по морфологическим показателям (преобладанию массы тела, индексам Кетле и Пинье и сумме кожно-жировых складок у эндоморфов по сравнению с эктоморфами), показателям силы (у мезоморфов) и выносливости (у эктоморфов), и механизму выполнения мышечной нагрузки (большой вклад анаэробных процессов у эндоморфов по сравнению с эктоморфами). Мезоморфы по большинству этих

показателей занимали промежуточное положение. Гомеостатические показатели крови, дыхательной системы, психофизиологические и личностные характеристики юношей разных соматотипов существенно не различались, кроме отдельных показателей после мышечной нагрузки, не имеющих пока доказательного обоснования и требующих дальнейшего исследования.

### 3.2. *Распределение юношей с разными типами функционального реагирования*

При распределении юношей по соматотипам в группах функционального реагирования оказалось, что в группе стайеров преобладали юноши эктоморфного соматотипа, в группе спринтеров – мезоморфного, а среди микстов отмечалось некоторое преобладание мезоморфов. Следовательно, тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата также имел непропорциональные доли при распределении юношей по изучаемым характеристикам.

Таблица 11 – Распределение юношей разных типов реагирования

Тип функционального реагирования	Соматотип
Стайер (46 чел.) 34%	Экт (19) 41% Мез (14) 30% Энд (13) 28%
Микст (47 чел.) 35%	Экт (15) 32% Мез (19) 40% Энд (13) 28%
Спринтер (43 чел.) 31%	●Экт (8) 19% ◆■Мез (24) 55% Энд (11) 26%

*Примечание:* значимые различия (по Фишеру) относительно: ■ – мезоморфов стайерского типа; ● – эктоморфов стайерского типа. Значимые различия по  $\chi^2$ : ◆ – между мезо и эктоморфами в группе спринтеров

Расчет данных по критерию Фишера показал, что доля эктоморфов была значимо больше в группе стайеров относительно спринтеров ( $F=2,4$ ), равно как и мезоморфов среди спринтеров по сравнению со стайерами ( $F=2,4$ ). В то же время доли других соматотипов в группе микстов не имели выраженных различий при распределении.

В группе спринтеров распределение соматотипов не соответствовало теоретическому, что выражено в значимом преобладании лиц с мезоморфией ( $\chi^2 = 10,09$  при  $p = 0,006$ )

Это указывает на наличие специфической зависимости функциональных проявлений и характера адаптации у изученных юношей от морфологических генетически заложенных особенностей.

### ***3.2.1. Морфофункциональные особенности юношей с разными типами функционального реагирования***

Как видно из таблицы 12, миксты и стайеры уступали спринтерам по массе тела и индексам Кетле и Пинье, хотя длина тела всех юношей была практически одинаковой. Сумма кожно-жировых складок у юношей, тяготеющим к спринтерскому типу реагирования, была значимо выше, чем у стайеров. По силе рук спринтеры достоверно превосходили сверстников микстов и стайеров, а по выносливости, наоборот, стайеры имели существенно более высокие показатели, чем миксты и, особенно, спринтеры. Миксты по большинству морфологических и силовых показателей занимали промежуточное положение, более близкое к спринтерам. Показатели ЧСС и АД как в покое, так и после нагрузочного тестирования достоверно не отличались между функциональными типами. Индекс Кердо в среднем указывал на преобладание нормотонии у всех юношей без значимых межгрупповых отличий. Ударный и минутный объём крови в покое и после максимальной нагрузки не отличался у юношей с разным типом функционального реагирования.

Таблица 12 – Морфологические характеристики и статическая работоспособность юношей с разными типами функционального реагирования ( $M \pm q$ )

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер (n = 43)	Микст (n = 47)	Стайер (n = 46)
Длина тела, см	180,5±7,0	179,0±7,6	179,8±6,4
Масса тела, кг	75,9±10,3	72,6±11,5 ▲	69,9±9,0 ▲
Индекс Кетле ( <b>20–25</b> )	23,3±2,7	22,7±3,5 ▲	21,6±2,2 ▲
Индекс Пинье	15,7±13,4	19,0±16,8 ▲	23,6±11,8 ▲
Индекс Кердо	4,8±14,8	2,2±16,7	3,5±13,3
Сумма складок, мм	118±35	113±51	97±33 ▲
Мышечный индекс	16,2±3,7	15,8±4,4	18,1±3,4
Сила правой кисти, кг	54,4±4,3	49,2±6,1 ▲	46,4±6,0 ▲
Сила левой кисти, кг	52,4±5,6	46,1±6,7 ▲	43,9±6,9 ▲
Выносливость правой кисти, сек	30,1±8,9 ■	40,8±7,5 ▲	51,7±11,0 ▲ ■
Выносливость левой кисти, сек	29,4±5,5 ■	36,9±8,6 ▲	57,3±17,7 ▲ ■
ЧСС в покое и после максимальной нагрузки, п/мин ( <b>69 -77</b> )	70,1±8,9	68,6±7,3	69,1±8,7
	192,9±7,4*	193,9±5,7*	194,1±7,6*
САД в покое и после максимальной нагрузки, мм рт.ст. ( <b>115–125</b> )	128,6±9,1	129,3±8,5	128,1±8,7
	180,4±14,5*	181,1±17,1*	183,0±22,9*
ДАД в покое и после максимальной нагрузки, мм рт.ст. ( <b>68–73</b> )	65,9±7,9	66,3±7,7	66,0±7,7
	65,7±12,7	62,9±16,5	64,2±14,6
Ударный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, мл ( <b>66–69</b> )	75,3±10,3	75,4±9,4	74,9±9,4
	105,2±16,2*	106,6±19,4*	106,7±19,6*
Минутный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, л ( <b>4,6 -5,2</b> )	5,2±0,8	5,2±0,8	5,1±0,7
	20,0±3,0*	20,1±3,7*	20,1±3,9*

*Примечание:* статистически значимые отличия относительно: ▲ – спринтеров; ■ – микстов; \* – фона. М – средняя арифметическая выборочной совокупности; q – стандартное отклонение при параметрическом распределении. В скобках жирным шрифтом показаны референтные значения показателей в покое для юношей соответствующего возраста Сибирского региона.

Таким образом, юноши спринтерского типа реагирования существенно и достоверно отличались от стайеров и в меньшей степени от микстов по морфологическим показателям и статической работоспособности.

Как видно из таблицы 13, юноши с разными типами реагирования, как и по соматотипическим признакам, значимо не отличались между собой по

спирометрическим показателям, хотя проявилась отчетливая тенденция к преобладанию этих показателей у спринтеров по сравнению со стайерами.

Таблица 13 – Результаты спирометрии у юношей с разными типами функционального реагирования (Me (Q1; Q3))

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер (n =11)	Микст (n =11)	Стайер (n =12)
ЖЕЛ, л	5,70 (4,94;5,99)	5,27 (4,46;5,80)	4,78 (4,38;5,65)
Должная ЖЕЛ, л	5,0 (4,8–5,3)		
ФЖЕЛ, л	5,03 (4,89;5,30)	4,72 (4,02;5,66)	4,26 (4,06;5,48)
Должная ФЖЕЛ, л	4,8 (4,6–5,1)		
МВЛ, л/мин	156 (137;172)	149 (133;167)	146 (125;163)
Должная МВЛ, л/мин	120–170 (44–156)		

### ***3.2.2. Биохимические особенности юношей с разными типами функционального реагирования***

Особый интерес представляло сопоставление обследуемых разных типов реагирования нервно-мышечного аппарата по функциональным и биохимическим показателям как в покое, так и в процессе выполнения физической нагрузки.

Анализ биохимических субстратов в капиллярной крови (табл. 14) показал, что концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей разных типов реагирования значимо не отличалась в динамике выполнения нагрузки и при отказе, однако у юношей, тяготеющих к стайерскому функциональному типу, прирост концентрации глюкозы за время нагрузки был достоверно меньше, чем у микстов и, особенно, спринтеров. В отличие от спринтеров и микстов, у стайеров не выявили значимого прироста глюкозы в капиллярной крови на последних ступенях тестирования. Вероятно, поэтому на 9 ступени зафиксировали значимые различия по уровню субстрата между стайерами и остальными типами функционального реагирования.

Вместе с тем, концентрация лактата нарастала с каждой последующей ступенью, начиная с первой, у всех юношей. Затем на второй ступени наблюдалось

некоторое снижение концентрации лактата у юношей. По результатам третьей ступени, за исключением стайеров, наблюдался прирост концентрации лактата. После четвертой ступени включительно и выше наблюдался значимый прирост лактата во всех группах. При этом, после 3-й и 6-й ступеней различия в концентрации лактата между спринтерами и стайерами были достоверны. Прирост концентрации лактата сразу при отказе и после восстановления был на 30–40% выше у спринтеров, чем у стайеров, хотя эти различия и не выявили достоверность в связи с большим разбросом показателей при относительно небольшой выборке обследуемых. В целом, вклад лактатных механизмов в энергообеспечение мышечной нагрузки показал достоверное преобладание у спринтеров по сравнению со стайерами. Миксты по всем этим показателям занимали промежуточное положение. На последних отрезках ступенчатого теста концентрация лактата значимо повышалась относительно предыдущей ступени у спринтеров и микстов, однако у стайеров к 9-й ступени выявили замедление прироста лактата.

Таблица 14 – Концентрации глюкозы и лактата у юношей с разными типами функционального реагирования после максимальной нагрузки на тредбане Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер (n=12)	Микст (n=13)	Стайер (n=12)
<b>Глюкоза, мМ/л, (фон)</b>	4,46 (4,44–4,71)	4,55 (4,14–4,67)	4,56 (4,52–4,67)
после 1 ступени	4,54 (4,39–4,80)	4,60 (4,04–4,76)	4,59 (4,40–4,71)
2 ст.	4,46 (4,33–4,81)	4,73 (4,26–4,97)	4,58 (4,47–4,78)
3 ст.	4,36 (4,27–4,87)	4,68 (4,33–4,82)	4,46 (4,39–4,87)
4 ст.	4,59 (4,23–4,84)	4,61 (4,38–4,79)	4,47 (4,29–4,96)
5 ст.	4,43 (4,04–4,72)	4,65 (4,44–4,75)	4,48 (4,40–5,10)
6 ст.	4,42 (4,32–4,70)	4,59 (4,46–4,90)	4,50 (4,36–5,01)
7 ст.	4,65 (4,10;4,78) (n=8)	4,87 (4,36;5,09) (n=8)	4,78 (4,25;5,32) (n=8)
8 ст.	4,93 (4,05;5,15) (n=7)	◆5,25 (4,97;5,39) (n=7)	4,51 (4,34;5,36) (n=8)
9 ст.	◆5,40 (5,01;6,46) (n=5)	◆6,14 (5,57;6,78) (n=4)	■▲4,94 (4,58;5,22) (n=5)
Отказ	*5,99 (4,81–6,57)	*5,50 (5,29–5,91)	4,90 (4,45–5,40) ■▲

Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*5,17 (4,53–5,97)	*5,09 (5,02–5,35)	*5,56 (5,15–5,68)
<b>Лактат, мМ/л, (фон)</b>	2,04 (1,49–2,31)	1,88 (1,34–2,17)	2,25 (1,88–2,46)
после 1 ступени	◆2,39 (1,72–3,38)	◆2,44 (1,95–2,84)	◆3,15 (3,10–3,66)
2 ст.	◆2,24 (1,60–2,57)	◆2,06 (1,47–2,50)	◆1,72 (1,49–2,07)
3 ст.	◆2,81 (1,82–3,59)	◆2,53 (1,78–2,92)	2,06 (1,75–2,30) ▲
4 ст.	◆3,53 (2,69–4,55)	◆3,36 (2,18–3,52)	◆2,90 (2,34–3,15)
5 ст.	◆4,72 (3,08–5,57)	◆4,19 (2,70–4,36)	◆3,53 (2,85–4,06)
6 ст.	◆6,87 (4,38–7,45)	◆5,41 (4,84–5,79)	◆4,51 (3,42–4,98) ▲
7 ст.	◆7,75 (5,21;9,48) (n=8)	◆6,75 (5,81;7,12) (n=8)	◆6,09 (5,23;7,66) (n=8)
8 ст.	◆9,65 (6,69;12,20) (n=7)	◆9,17 (7,53;10,77) (n=7)	◆8,15 (5,05;9,76) (n=8)
9 ст.	12,94 (9,95;14,10) (n=5)	◆13,6 (9,55;15,75) (n=4)	8,35 (6,76;12,20) (n=5)
Отказ	*11,98 (9,44–14,40)	*9,41 (6,85–13,50)	*9,10 (7,52–12,10)
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*6,68 (4,77–9,75)	*5,94 (3,55–10,30)	*6,56 (3,82–7,64)
Лактатный вклад в энергообеспечение (EaiLa), (кДж)	48,9 (33,6;59,5)	34,9 (21,5;51,9)	28,2 (20,9;39,7) ▲

*Примечание:* значимые отличия относительно: ▲ – спринтеров; ■ –микстов; \* – фона

◆ – предыдущей ступени тредбана.



Рисунок 4. Концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей с разными типами реагирования на различных этапах нагрузочного тестирования.

*Примечание:* в   отмечены ступени, где выявлены достоверные отличия между крайними функциональными типами; жирная звездочка обозначает значимые различия относительно фона

Таким образом, юноши со спринтерскими качествами характеризовались более высоким уровнем кожно-жировых складок на теле, достоверно превосходили стайеров по массе тела и тяготели к анаэробному механизму энергообеспечения мышечной работы. Стайеры, в отличие от спринтеров, имели более низкие концентрации лактата, глюкозы и лактатный вклад в энергообеспечение, а также несколько более высокий анаэробный порог, что в совокупности указывает на большую роль аэробных процессов в мышечной деятельности. Средневики по большинству морфофункциональных показателей занимали промежуточное положение, со склонностью к спринтерам, и отличились значительным приростом концентрации глюкозы после нагрузки, что, вероятно, свидетельствует о примерно одинаковом участии аэробных и анаэробных механизмов в энергообеспечении мышечной деятельности.



Рисунок 5. Концентрация лактата в капиллярной крови юношей с разными типами реагирования на различных этапах нагрузочного тестирования.

*Примечание:* обозначения, как на рис.3.

Таблица 15 – Глюкозо-лактатное соотношение у юношей разных типов функционального реагирования в динамике ступенчатой нагрузки до отказа  
Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер (n =12)	Микст (n =13)	Стайер (n =12)
<b>Глюкоза/Лактат, мМ/л, (фон)</b>	2,19 (1,94;2,87)	2,32 (2,04;2,96)	2,12 (1,90;2,48)
после 1 ступени.	◆1,76 (1,36;2,42)	◆1,74 (1,62;2,16)	◆1,48 (1,18;1,72)
2 ст.	◆1,89 (1,53;3,11)	◆2,28 (1,80;3,06)	◆2,78 (2,21;3,09)
3 ст.	◆1,52 (1,18;2,73)	◆1,86 (1,44;2,62)	◆2,27 (1,99;2,51)
4 ст.	◆1,12 (0,93;1,87)	◆1,43 (1,15;2,04)	◆1,64 (1,52;1,83)
5 ст.	◆0,89 (0,80;1,57)	◆1,10 (0,95;1,75)	◆1,25 (1,14;1,49)
6 ст.	◆0,68 (0,56;1,07)	◆0,81 (0,75;1,01)	◆1,01 (0,96;1,28)
7 ст.	◆0,61 (0,46;0,82)	◆0,67 (0,61;0,88)	◆0,75 (0,66;0,89)
8 ст.	0,53 (0,47;0,74)	◆0,57 (0,46;0,68)	0,54 (0,47;1,12)
9 ст.	0,42 (0,40;0,56)	0,47 (0,39;0,75)	0,52 (0,40;0,60)
Отказ	*0,46 (0,42;0,66)	*0,58 (0,47;0,78)	*0,54 (0,40;0,61)
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*0,77 (0,55;1,23)	*0,81 (0,61;1,45)	*0,86 (0,66;1,49)

*Примечание:* значимые отличия относительно: ▲ – спринтеров; ■ –микстов; \* – фона;

◆ – предыдущей ступени тредбана.

Показатель глюкозо-лактатного соотношения значимо снижался с повышением нагрузки во всех группах юношей с разным типом функционального реагирования. Соотношения индексов у юношей разных функциональных типов, в отличие от соматотипа, в динамике нагрузочного тестирования значимо не отличались между собой, что, вероятно, указывает на более низкую зависимость углеводного обмена у юношей разных функциональных типов при выполнении физической нагрузки по сравнению с юношами разных соматотипов.

Таблица 16 –Лактатные вклады у юношей разных функциональных типов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (относительно предыдущей ступени)  
Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер	Микст	Стайер

	(n =12)	(n =13)	(n =12)
Лактатный вклад, после 1 ступени.	2,52 (1,02;5,29)	2,54 (2,15;3,32)	4,74 (3,38;5,82)
2 ст.	◆-0,99 (-3,36;0,78)	◆-0,80 (-3,75;0,28)	◆-5,97 (-8,47; -3,69) ■▲
3 ст.	◆2,19 (1,07;2,62)	◆1,95 (0,96;2,59)	◆0,99 (-0,05;1,53) ▲
4 ст.	◆2,97 (2,35;5,69)	◆2,77 (1,97;3,37)	◆2,41 (1,09;2,88)
5 ст.	4,16 (2,75;6,02)	3,16 (2,55;4,78)	3,65 (2,37;5,07)
6 ст.	◆5,68 (5,13;13,81)	◆5,19 (4,37;7,72)	3,53 (2,79;4,08) ▲
7 ст.	7,79 (5,49;14,12)	◆7,39 (6,40;7,99)	◆8,98 (6,76;12,03)
8 ст.	7,18 (2,99;10,16)	9,47 (7,20;15,02)	8,28 (2,87;13,27)
9 ст.	◆19,33 (18,45;27,85)	◆29,95 (16,49;31,76)	◆14,76 (10,40;21,27)

*Примечание:* значимые отличия относительно: ▲ – спринтеров; ■ –микстов; ◆ – предыдущей ступени тредбана.

Лактатный вклад в группах юношей с разным типом реагирования значительно изменялся до 4-й ступени, после чего несколько замедлился и значительно прирос на 9-й ступени.

Данный показатель у юношей разных типов функционального реагирования значительно не отличался по результатам первой ступени, однако уже после 2-й, 3-й и 6-й ступенях тестирования у стайеров зафиксирован достоверно меньший вклад лактатных механизмов в мышечную реакцию в отличие от микстов и особенно спринтеров.

В отличие от глюкозо-лактатного соотношения, анализ лактатных вкладов относительно предыдущей ступени у юношей с разным функциональным типом показал значимые различия в динамике ступенчатой нагрузки. Стайеры показывали значимо более низкие значения вклада по сравнению с микстами и спринтерами.

Таблица 17 – Лактатные вклады юношей разных типов реагирования в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (изменения относительно фона) (Me (Q1; Q3))

*Примечание:* значимые отличия относительно: \* – фона; ▲ –спринтеров; ■ – микстов

Из таблицы видно, что лактатные вклады относительно фона у юношей с промежуточным и спринтерским типом функционального реагирования были одинаковыми, а значимые приросты относительно исходного уровня у данных

Показатели	Тип функционального реагирования		
	Спринтер (n =12)	Микст (n =13)	Стайер (n =12)
Лактатный вклад после 1 ступени (принят за фоновые значения)	2,52 (1,02;5,29)	2,54 (2,15;3,32)	4,74 (3,38;5,82)
2 ст.	1,33 (0,97;3,30)	0,59 (-0,82;2,86)	*-1,57 (-3,11; -0,41) ■ ▲
3 ст.	3,14 (2,30;8,42)	2,36 (1,31;4,82)	*-1,11 (-1,57;1,55) ■ ▲
4 ст.	*6,73 (5,49;11,68)	*5,70 (3,38;7,79)	1,74 (-0,16;4,81) ▲
5 ст.	*12,75 (6,82;14,75)	*9,38 (5,64;11,26)	4,36 (1,79;7,73) ▲
6 ст.	*19,11 (11,66;25,57)	*16,26 (11,33;18,34)	8,00 (3,78;11,91) ▲
7 ст.	*25,79 (16,9;36,27)	*22,99 (16,97;24,13)	*19,26 (12,55;23,79)
8 ст.	*31,28 (24,36;66,00)	*32,00 (24,62;41,68)	*27,16 (11,88;29,30)
9 ст.	*44,62 (33,64;58,39)	*52,43 (35,98;61,53)	*21,06 (20,91;46,39)

категорий юношей происходили на одних и тех же ступенях нагрузочного тестирования, начиная с 4-й ступени. В то же время студенты с преобладанием стайерского типа реагирования показали даже уменьшение лактатного вклада в начале тестирования (2 и 3 ступени) и более низкий вклад в конце тестирования (8 и 9 ступени).

В целом, на протяжении всего тестирования у юношей стайерского типа отмечался достоверно меньший вклад лактатных механизмов в мышечную реакцию по сравнению с микстами и особенно – спринтерами. Это свидетельствует о более значимом вкладе анаэробных механизмов в обеспечение физической нагрузки у спринтеров по сравнению со стайерами, тогда как миксты по этому показателю занимали близкое к спринтерам положение.

### ***3.2.3. Гомеостатические особенности юношей с разными типами функционального реагирования***

Оценка концентрации ряда ферментов и метаболитов в плазме крови юношей разных функциональных типов в покое показала отсутствие различий, однако выявила значимые приросты относительно фона концентрации креатинина, общего белка и креатинфосфокиназы у всех юношей после мышечной нагрузки. При этом у

стайеров повышение концентрации мочевины и креатинина после нагрузочного тестирования было выше, чем у спринтеров (табл. 18.).

Полученные результаты, вероятно, свидетельствуют о частичном разрушении мышечных волокон после нагрузки (Рыбина И.Л., 2015, 2016), что привело к повышению концентрации продуктов их распада в крови, возможно, у стайеров в большей степени, чем у представителей других групп.

Таблица 18 – Биохимические показатели сывороточной крови юношей с разными типами функционального реагирования в покое и после максимальной нагрузки на тредбане Me (Q1-Q3)

Показатели в покое / спустя 10 мин. восстановления после отказа	Пери- од	Тип функционального реагирования		
		Спринтер (n =12)	Микст (n =13)	Стайер (n =12)
<b>Минеральный обмен</b>				
Кальций, ммоль/л <b>(2,15–2,55)</b>	Ф	2,38 (2,33;2,41)	2,43 (2,33;2,50)	2,34 (2,31;2,40)
	В	2,30 (2,23;2,41)	2,36 (2,30;2,49)	2,52 (2,25;2,53)
Магний, ммоль/л <b>(0,70–0,91)</b>	Ф	0,64 (0,63;0,73)	0,72 (0,68;0,76)	0,64 (0,63;0,75)
	В	0,57 (0,52;0,65)	0,68 (0,61;0,71)	0,68 (0,69;0,70)
Железо, мкмоль/л <b>(11–28)</b>	Ф	20,55 (18,4;22,6)	23,25 (16,04;24,97)	16,68 (9,84;27,13)
	В	23,42 (19,34;24,68)	24,13 (15,76;24,62)	19,20 (18,17;25,89)
<b>Белковый обмен</b>				
Общий белок, г/л <b>(64–83)</b>	Ф	83,53 (81,58;85,55)	82,38 (80,38;86,73)	82,75 (80,32;84,24)
	В	*87,87 (84,78;94,14)	*86,24 (83,85; 91,95)	*93,12 (84,23;96,38)
Креатинин, мкмоль/л <b>(62–106)</b>	Ф	92,7 (82,94;97,0)	93,63 (87,75;100,16)	97,55 (91,94;99,56)
	В	*98,65 (87,26;121,62)	*99,30 (94,64;103,70)	*111,0 (102,63;122,13)
Мочевина, ммоль/л <b>(2,9–7,5)</b>	Ф	3,55 (3,31;4,75)	3,96 (3,71;4,70)	4,95 (3,77;5,38)
	В	3,40 (3,0;4,96)	3,95 (3,71;4,73)	5,45 (5,04;6,50) ▲
Альбумин, г/л <b>(35–52)</b>	Ф	59,83 (57,12;61,38)	60,23 (59,55;62,23)	61,41 (56,42;62,83)
	В	60,76 (59,59;63,37)	60,51 (59,13;62,64)	64,22 (61,90;66,19)
<b>Жировой обмен</b>				
Триглицериды, ммоль/л <b>(0,5–1,8)</b>	Ф	0,70 (0,63;0,96)	1,10 (0,72;2,23)	0,72 (0,37;0,84)
	В	0,90 (0,77;1,08)	0,75 (0,63;0,90)	1,11 (0,61;1,35)
<b>Ферментный обмен</b>				
Мочевая кислота, мкмоль/л <b>(202–416)</b>	Ф	397 (353;459)	375 (339;480)	334 (265;461)
	В	428 (372;498)	361 (280;392)	432 (385;527)

Креатинфосфокиназа, ед/л (<190)	Ф	130,65 (98,5;143,5)	103,73 (79,6;161,8)	89,88 (61,2;131,3)
	В	*149,64 (127,8;170,6)	*124,89 (94,1;172,5)	*131,93 (65,7;134,4)
Аланинаминотрансфераза, ед/л (до 41)	Ф	7,78 (6,4;14,8)	11,96 (10,3;14,3)	8,38 (7,2;9,7)
	В	9,13 (7,6;14,0)	7,82 (6,8;9,9)	11,79 (8,3;17,2)
Аспаратаминотрансфераза, ед/л (до 40)	Ф	21,81 (17,5;23,7)	20,29 (17,9;36,3)	18,77 (17,5;23,8)
	В	19,61 (16,7;28,0)	20,36 (18,6;23,0)	23,0 (19,2;25,8)

*Примечание:* статистически значимые отличия относительно: \* – фона; ▲ – спринтеров; \* – Ф – фон; В – спустя 10 минут восстановления после отказа. В скобках жирным шрифтом указаны референсные значения.

### 3.2.4. Психофизиологические особенности юношей с разными типами функционального реагирования

Основные показатели, характеризующие психофизиологические и личностные особенности обследуемых юношей, достоверно не различались между группами с разными типами функционального реагирования. И только уровень личностной тревожности, подозрительности и обиды был достоверно выше у микстов, чем у спринтеров и стайеров.

Таблица 19 – Психофизиологический статус юношей с разными типами функционального реагирования

Показатели	Референсные значения (средние)	Тип функционального реагирования		
		Спринтер (n = 18)	Микст (n = 22)	Стайер (n = 21)
<i>Психологические характеристики личности, баллы</i>				
Негативизм	3	2,2±1,2	2,4±1,5	2,4±1,6
Стрессоустойчивость	11–30	35,8±6,5	34,7±7,3	37,0±4,4
Реактивная тревожность	31–45	20,4±11,0	26,2±13,2	17,5±7,3
Личностная тревожность		30,3±9,9	40,3±9,5▲	31,2±7,2
Физическая агрессия	5,8	4,1±2,1	4,6±1,3	4,1±1,8
Косвенная агрессия	3–4	4,0±1,7	3,2±1,4	3,9±1,5
Раздражение		3,5±1,9	4,9±2,2	2,8±1,4
Обида		2,5±1,3	5,0±1,8▲	3,0±1,6
Подозрительность		4,4±1,5■	6,4±1,8	4,4±0,7■
Вербальная агрессия	6,2	5,9±2,0	6,3±1,8	5,4±1,4

Чувство вины	4-5	5,1±1,9	5,4±2,1	4,5±1,7
Мотивация к успеху	18,7-19,3	18,0±3,4	16,1±5,1	18,7±4,0
Нейротизм	8-12	9,2±3,7	12,8±5,6	8 (3–10)
Лживость	3-5	4,5±2,0	3,4±1,1	5,3±2,4
<i>Нейродинамические показатели</i>				
Объем механической памяти, баллы	5,0-6,6	4,4±1,7	5,3±1,6	5,0±1,1
Объем смысловой памяти, баллы	8,8-9,2	7,8±2,0	7,1±2,0	8,2±1,0
Коэффициент подвижности нервных процессов	1,7	1,6±0,3	1,8±0,1	1,8±0,2
Коэффициент продуктивности нервных процессов	0,5	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,2
Среднее время реакции на зрительный стимул, (мс)	190-210	212,3±39,6	183,2±34,7	204,4±21,6
Время переключения внимания, (мс)	59-64	55,7±17,6	59,8±30,0	56,5±20,2
Время опережений, (мс)	235-325	141,0±70,7	149,9±77,1	168,0±80,5
Время запаздываний, (мс)	115-150	220,5±80,4	226,6±99,8	189,2±86,4

*Примечание:* значимые отличия относительно: ■ – микстов; ▲ – спринтеров.

Итак, между юношами с разными типами функционального реагирования нервно-мышечного аппарата имеются значимые морфологические различия, особенно у спринтеров по сравнению с микстами и стайерами, однако они были выражены в меньшей степени, чем у юношей разных соматотипических групп, а функциональные показатели, как и ожидалось, в отличие от типов морфологической конституции, имели более выраженные отличия. Анализ глюкозо-лактатной взаимосвязи у юношей разных типов реагирования на разных отрезках тестирования показал весомый вклад процессов анаэробного гликолиза в обеспечении работоспособности мышц у спринтеров, а окислительного фосфорилирования - у стайеров. Миксты по многим показателям в покое и реагировании занимали промежуточное положение. Спирометрические характеристики между юношами разных функциональных типов значимых отличий не имели. Психофизиологические

показатели юношей с разными типами реагирования также существенно не различались. Оценка концентрации ряда ферментов и метаболитов в плазме крови юношей в состоянии покоя не показала достоверных отличий между группами, однако после максимальной нагрузки выявлено повышение концентрации продуктов распада белков в крови (креатинина, креатинфосфокиназы и мочевины), что может свидетельствовать о частичном разрушении мышечных волокон, в большей степени у стайеров, вероятно, из-за большей работы, которую выполняли юноши этого типа.

### ***3.3. Сравнение функциональных резервов юношей с разными типологическими характеристиками***

Функциональные резервы организма – это потенциальные возможности организма обеспечить свою жизнедеятельность в условиях повышенных нагрузок, связанных с воздействием на человека экстремальных факторов внешней среды или нарушениями гомеостаза (Айзман Р.И., 2019). Для исследования резервов, как правило, используются широко известные предельные и дозированные физические нагрузки с регистрацией различных физиологических, биохимических и эргометрических показателей. Данный подход позволяет осуществлять оценку реального вклада физиологических резервов различных систем в формирование функционального состояния организма (Бомин В.А. и др., 2019; Похачевский А.Л. и др., 2019; Вишневский В.А. и др., 2020; Бобрик Ю.В. и др., 2021; Приходько А.Ю. и др., 2024).

Анализ выполненной ступенчатой работы на тредбане показал, что эктоморфы достоверно превосходили сверстников эндоморфного соматотипа по пройденному расстоянию до отказа, а мезоморфы по этому показателю занимали промежуточное положение. При сопоставлении юношей по типу функционального реагирования стайеры прошли большее расстояние, чем миксты и спринтеры, что абсолютно логично, исходя из их функциональной типологии. При этом, суммарная мышечная работа, выполненная на тредбане, а также ЧСС при достижении концентрации

лактата в крови, соответствующей АНП, существенно не различалась между всеми исследуемыми группами.

Эти различия между группами по пройденному расстоянию, но одинаковой суммарной мышечной работой, могли быть обусловлены разной скоростью выполнения нагрузки. Действительно, скорость движения полотна тредбана на момент наступления АНП была достоверно выше у юношей стайерского типа реагирования, а также у эктоморфов по сравнению со спринтерами и эндоморфами. Юноши мезоморфного типа и миксты на момент перехода в анаэробную зону имели промежуточные показатели скорости движения по сравнению с другими соматотипами.

К моменту отказа миксты уступали стайерам по достигнутой скорости полотна тредбана, а юноши эндоморфного соматотипа по данному показателю достоверно уступали юношам других соматотипических групп. Только у юношей эктоморфного типа показания ЧСС сразу при отказе от нагрузки были статистически ниже, чем у эндоморфов.

Уменьшение массы тела при выполнении теста как в абсолютных, так и в относительных значениях достоверно между группами обследуемых не различалось. Систолическое и диастолическое артериальное давление в покое и по результатам степ-теста статистически не отличались между юношами с разным соматотипом и типом функционального реагирования.

Оценка функциональных резервов сердечно-сосудистой системы по ЧСС в процессе выполнения теста на первых 3-х ступенях (рис. 6) показала, что юноши эктоморфного соматотипа имели превосходство над эндоморфным (достоверно более низкая ЧСС), начиная со второй минуты, при этом, представители мезоморфного типа, хотя и занимали промежуточное положение, тяготели ближе к эктоморфам

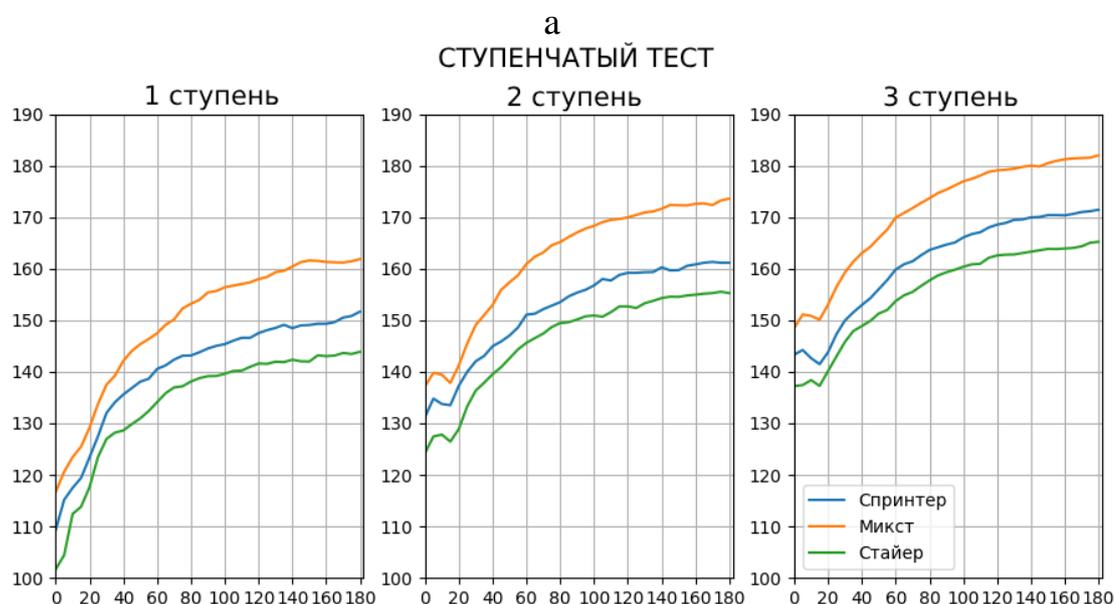
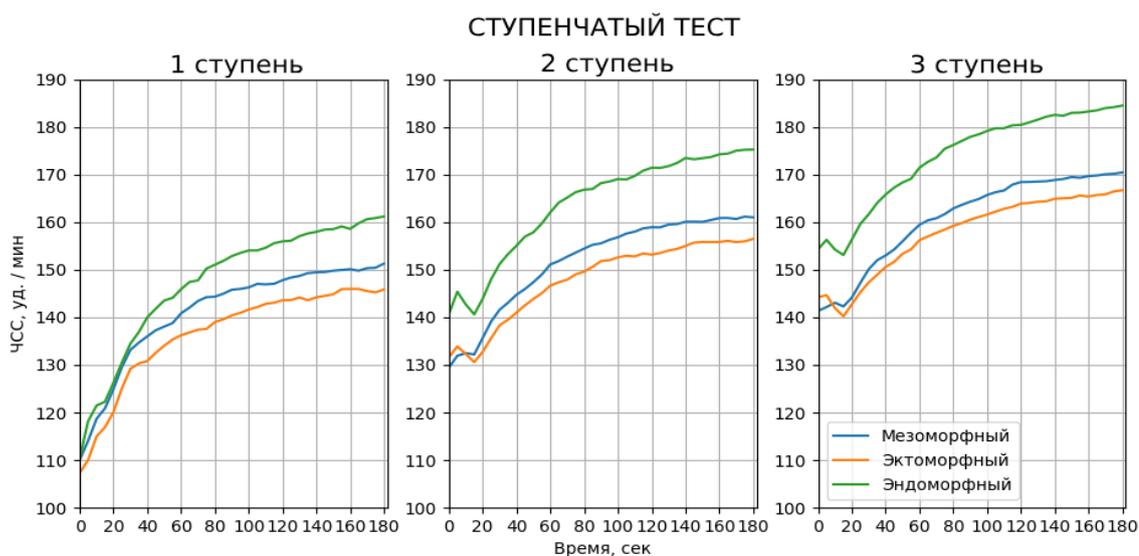


Рисунок 6. Динамика ЧСС при выполнении ступенчатой нагрузки до отказа у юношей в зависимости от соматотипа (а) и типа функционального реагирования (б)

Вместе с тем функциональные резервы сердечно-сосудистой системы стайеров были выше, чем у микстов, а кривая ЧСС спринтеров на протяжении всего теста располагалась между показателями юношей других типов реагирования.

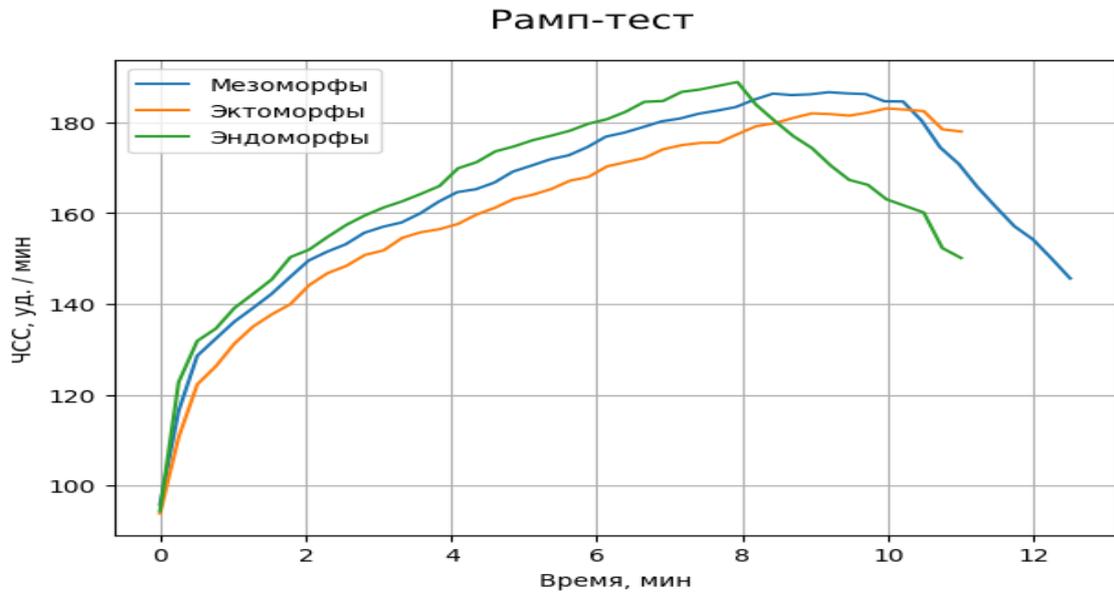
При тредбанометрии с непрерывно нарастающей нагрузкой видно (табл. 20), что расстояние, которое смогли преодолеть юноши эктоморфного соматотипа до наступления отказа, достоверно больше, чем расстояние, пройденное представителями эндоморфного типа, тогда как юноши мезоморфного соматотипа

занимали промежуточное положение, так же, как и при ступенчатой нагрузке. В свою очередь, юноши стайерского типа превосходили микстов. Поскольку в данном варианте нагрузочного тестирования не предусмотрены перерывы и повышение скорости движения ленты тредбана происходило постепенно непрерывно, выявилось, что суммарное расстояние и проделанная работа юношами, независимо от соматотипа и типа функционального реагирования, оказались существенно ниже, чем при ступенчатой нагрузке.

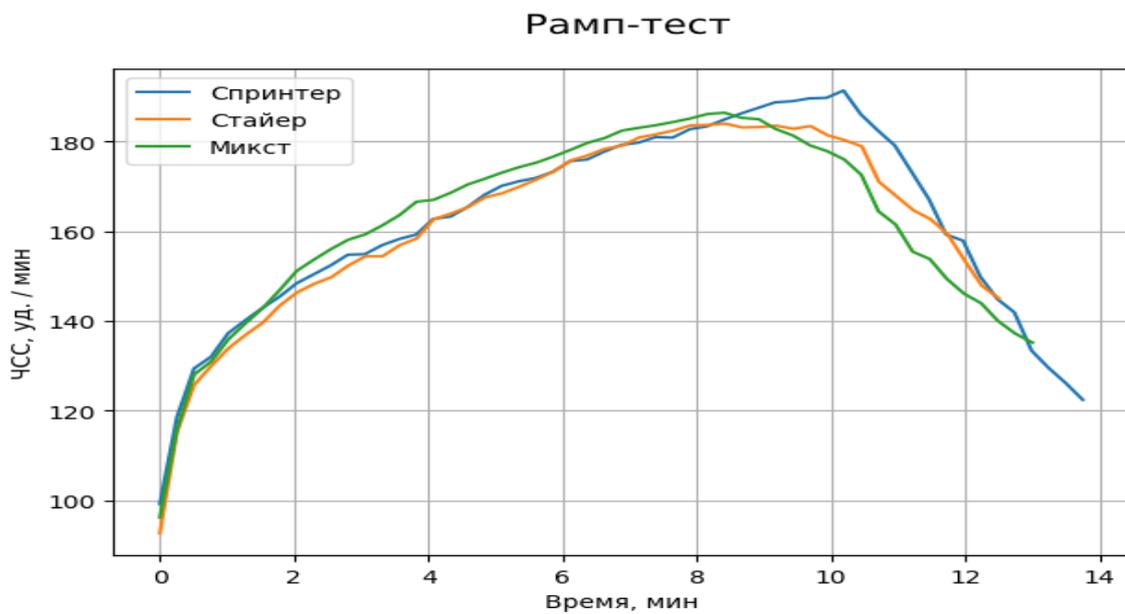
Сравнительный анализ динамики массы тела юношей показал, что абсолютная и относительная потери массы тела зависели от объёма выполненной работы и пройденного расстояния (табл. 20, 21), тогда как индивидуально-типологические свойства обследуемых практически не влияли на эти результаты.

По величине выполненной физической работы, как и при ступенчатой нагрузке, достоверных отличий между юношами всех соматотипических групп не выявлено, хотя у эктоморфов отмечалась тенденция к ее превышению.

Показания пульса при АНП, определенные графическим методом по динамике ЧСС при выполнении нагрузки (рис. 7), между группами статистически не различались (табл. 20, 21), однако время наступления этой ЧСС у юношей эктоморфного соматотипа наступало примерно на 2,5 мин. позднее, чем у эндоморфного, и на 2 мин. позже, чем у мезоморфов (рис. 7, а). Скорость полотна тредбана на момент АНП у эктоморфного типа также оказалась значимо выше по сравнению с эндоморфами. Юноши эндоморфного соматотипа достоверно уступали мезо- и эктоморфному типам в достигнутой скорости полотна тредбана при отказе, как при ступенчатой, так и при нарастающей нагрузке (табл. 20, 21). Значимых различий в ЧСС и скорости движения полотна тредбана при отказе между юношами разных типов функционального реагирования не обнаружили (рис. 7, б). По показателям потери массы тела достоверных отличий между группами также не наблюдалось.



а



б

Рисунок 7. Динамика ЧСС в процессе выполнения непрерывно нарастающей нагрузки до отказа у юношей в зависимости от соматотипа (а) и типа функционального реагирования (б)

Таблица 20 – Результаты тредбанометрии с непрерывно нарастающей нагрузкой до отказа у юношей с разными типами реагирования и соматотипом ( $M \pm q$ )

Показатели	Тип функционального реагирования			Соматотип		
	Спринтер (n=16)	Микст (n=21)	Стайер (n=19)	Эндоморфный (n=16)	Мезоморфный (n= 22)	Эктоморфный (n= 18)
Расстояние, м	1853±185	1645±315	1881±362♦	1508±362	1773±252	1961±331▲
Суммарная мышечная работа, кг*км	131±10	126±21	133±28	125±34	126±16	140±18
Анаэробный порог по динамике ЧСС, уд/мин	179,6±4,4	179,4±4,9	179,3±6,0	180,8±3,1	179,8 ± 4,5	175,3 ± 10,1
ЧСС отказа, уд/мин	195,3±5,5	193,9±4,2	196,3±4,9	195,7±4,5	194,8 ± 5,2	193,0 ± 6,2
Скорость при анаэробном пороге, км/ч	11,1±0,6	10,9±0,6	11,1±0,6	10,6±0,7	11,0 ± 0,5	11,4 ± 0,6▲
Скорость при отказе, км/ч	13,6±0,5	12,9±0,9	13,6±0,9	12,5±1,0	13,3±0,7▲	14,0±0,8▲
Потеря массы тела, кг	0,23±0,1	0,29±0,2	0,24±0,1	0,24±0,1	0,33±0,2	0,35±0,2
Потеря массы тела, %	0,34±0,2	0,37±0,2	0,27±0,2	0,28±0,1	0,31±0,2	0,39±0,3

Таблица 21 – Результаты тредбанометрии при ступенчатой нагрузке до отказа у юношей с разными типами реагирования и соматотипом ( $M \pm q$ )

Показатели	Тип функционального реагирования			Соматотип		
	Спринтер (n=34)	Микст (n=39)	Стайер (n=37)	Эндоморфный (n=28)	Мезоморфный (n=43)	Эктоморфный (n=39)
Расстояние, м	3059±963	2752±1180	3426±990♦	2563±1199	3096±989	3378±1092▲
Суммарная мышечная работа, кг*км	239±84♦	191±89	241±72♦	198±96	223±86	226±84
Анаэробный порог (ЧСС при концентрации лактата 4 ммоль/л), n / мин	172,2±12,9	174,6±5,7	178,1±4,3	175,7±5,1	171,1±15,2	176,4±5,1
ЧСС отказа, n/мин	191,9±10,2	194,2±6,2	193,9±7,5	196,4±6,8	193,3±8,9	191,0±6,7▲
Скорость при анаэробном пороге, км/ч	9,6±1,2	10,3±1,0	11,3±1,7*	9,5±1,1	10,1±1,0	11,5±1,5■▲
Скорость при отказе, км/ч	12,1±1,2	11,4±1,8	12,7±1,5♦	11,1±1,8	12,3±1,3▲	12,8±1,5▲
Потеря массы тела, кг	0,6±0,4	0,6±0,3	0,5±0,2	0,6±0,3	0,7±0,3	0,5±0,2
Потеря массы тела, %	0,8±0,3	0,8±0,4	0,7±0,3	0,8±0,4	0,9±0,4	0,7±0,3

*Примечание.* Статистически значимые отличия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ♦ – микстов; \* – спринтеров.

Анализ ЧСС при тредбанометрии с непрерывно нарастающей нагрузкой выявил наличие статистически значимых различий между юношами разных соматотипов, начиная с 4-й минуты. По мере нарастания нагрузки до 8-й мин. эти различия увеличивались, а в последующем юноши эндоморфного соматотипа резко уменьшали скорость работы в связи с утомлением, что приводило к выраженному снижению ЧСС и более раннему наступлению отказа по сравнению с мезо- и эктоморфами. В то же время у юношей с разными типами функционального реагирования рабочая ЧСС при выполнении теста достоверно не различалась, достигая максимума к 8-10-й мин. с последующим прогрессивным снижением.

Таким образом, функциональные резервы юношей разных индивидуально-типологических характеристик имели ряд значимых отличий, которые мы оценивали по следующим критериям:

1. Максимальной скорости тредбана, достигнутой в результате тестирования
2. Преодоленного расстояния
3. Величине мышечного напряжения за период теста
4. Степени прироста ЧСС после нагрузки.
5. Времени наступления анаэробного порога после начала тестирования.
6. Величине прироста лактата в крови.
7. Степени нарушения гомеостатических показателей при выполнении теста.
8. Величине потери массы тела.

После ступенчатой нагрузки выявлено, что юноши стайерского типа практически по всем показателям демонстрировали большие функциональные возможности сердечно-сосудистой системы относительно юношей остальных типов реагирования. Юноши спринтерского типа функционального реагирования показали достаточно высокие результаты, уступая по некоторым показателям лишь стайерам. Миксты оказались менее устойчивы к ступенчатой нагрузке по сравнению с юношами других типов. Юноши эктоморфного соматотипа, подобно стайерам, по уровню функциональных резервов сердечно-сосудистой системы превосходили

юношей остальных соматотипов. Представители мезоморфного типа также характеризовались высокими функциональными резервами сердечно-сосудистой системы, занимая промежуточное положение между экто- и эндоморфным соматотипами. Юноши эндоморфного типа преодолевали значительно меньшее расстояние при несколько меньшей физической работе, однако, затрачивали существенно больше резервов, особенно относительно эктоморфного соматотипа.

Протокол с непрерывно нарастающей нагрузкой показал, что юноши спринтерского и стайерского типов реагирования достигали практически одинаковых результатов по всем изучаемым показателям. При этом, миксты значимо уступали стайерам. Юноши с преобладанием эктоморфии продемонстрировали самые высокие показатели работоспособности. В то же время мезоморфы, как и при ступенчатой нагрузке, занимали промежуточное положение. Юноши эндоморфного соматотипа характеризовались более низкими функциональными резервами, о чем свидетельствовали низкий вклад аэробного гликолиза в обеспечении работы мышц и высокие показатели ЧСС.

Следует также подчеркнуть, что у юношей с разными соматотипами и типами функционального реагирования ступенчатая тредбанометрия позволила обнаружить более отчетливое различие в динамике показателей, характеризующих физическую работоспособность, чем постепенно нарастающая нагрузка, при сравнительно одинаковых функциональных нагрузках на сердечно-сосудистую систему. Полученные результаты свидетельствуют также, что соматотип выявляет большие различия в реакциях организма на нагрузку, чем тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Это может служить основанием для первоочередного использования соматотипа как ключевого предиктора в оценке резервных возможностей организма у юношей.

Эти данные помогут заполнить пустые клетки в еще предстоящем строительстве многомерной и согласованной классификации тестов для комплексной оценки физической работоспособности.

### 3.4 Морфофункциональные и биохимические особенности юношей с разным вегетативным типом

Как видно из таблицы 22, юноши с разным типом вегетативной реакции по морфологическим и силовым параметрам значимо не отличались.

Таблица - 22 Морфологические и силовые параметры юношей с разным вегетативным типом ( $M \pm q$ )

Показатели	Ваготония (n=31)	Нормотония (n=52)	Симпатикотония (n=53)
Индекс Кетле	21,9±2,5	22,6±3,1	22,8±3,2
Индекс Пинье	23,0±11,6	18,9±10,7	17,6±14,9
Сумма складок, мм	99,2±41,8	114,3±43,7	112,1±44,3
Мышечный индекс	17,1±4,5	16,3±4,2	16,7±3,8
Кистевая сила, кг	48,4±5,4	48,2±6,8	48,4±6,7
Выносливость, сек	42,1±12,9	40,3±10,7	45,0±15,3

Как и ожидалось, показатели ЧСС и ДАД достоверно различались между группами юношей с разным вегетативным статусом, поскольку являлись расчетными для определения вегетативного типа. После максимальной ступенчатой нагрузки по целому ряду функциональных и эргометрических показателей выявились значимые различия между ваготониками, показавшими высокую работоспособность в покое и после нагрузки, и юношами с преобладанием нормотонии и симпатикотонии, показатели которых между собой практически не отличались (табл.23, 24).

Ударный и минутный объем крови и ЧСС в покое значимо отличались между всеми вегетативными типами – отмечалось повышение от ваго- до симпатикотонии. Однако, после максимальной нагрузки данные показатели у юношей с преобладанием ваготонии статистически повышались больше по сравнению с другими группами.

Таблица 23 - Показатели сердечно-сосудистой системы юношей с разным вегетативным типом ( $M \pm q$ )

Показатели	Ваготония (n=31)	Нормотония (n=52)	Симпатикотония (n=53)
Индекс Кердо	-19,4±9,1■	0,9±4,9▲	16,4±5,2▲■
ЧСС, фон, п/мин	61,9±7,2■	68,3±5,9▲	73,6±6,4▲■
ЧСС, отказ. п/мин	*189,0±7,2	*194,6±7,4▲	*195,9±4,6▲
САД, фон, мм рт.ст.	130,1±8,4	129,2±8,7	127,8±8,7
САД, отказ, мм рт.ст.	*192,9±15,4	*183,0±15,5	*175,3±15,3▲
ДАД, фон, мм рт.ст.	73,2±9,8■	67,6±5,9▲	61,4±4,6▲■
ДАД, отказ, мм рт.ст.	*56,0±17,3	68,2±12,4▲	64,2±13,1▲
Ударный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, мл	68,3±13,2■  119,9±21,6	73,8±7,0▲  102,6±15,8▲	80,2±6,5▲■  102,5±14,9▲
Минутный объём крови в покое и после максимальной ступенчатой нагрузки, л	4,1±0,6■  22,7±4,1	5,0±0,4▲  19,9±3,4▲	5,9±0,5▲■  19,9±3,0▲

*Примечание:* значимые отличия относительно: ▲ – ваготонии; ■ – нормотонии;

\* – фона.

Анализ эргометрических показателей также показал более высокую физическую работоспособность и объем выполненной работы ваготониками по сравнению с юношами других типов вегетативного статуса (табл 24).

Таблица 24 - Эргометрические параметры юношей с разным вегетативным типом ( $M \pm q$ )

Показатели	Ваготония (n=31)	Нормотония (n=52)	Симпатикотония (n=53)
Скорость полотна тредбана при ЧСС =170 уд/мин, км/ч	10,5±1,5	9,5±1,4▲	9,4±1,4▲
Время достижения	654±262	488±202▲	471±233▲

ЧСС170, сек			
Степень при ЧСС170	4,8±1,6	3,5±1,4▲	3,5±1,6▲
Степень при отказе	7,5±1,5	6,1±1,8▲	6,1±1,8▲
Скорость полотна тредбана при отказе, км/ч	13,2±1,4	12,1±1,6▲	12,0±1,5▲
Работа суммарная, кг*км	256±84	204±76▲	199±89▲
Преодоленное расстояние, м	3567±1143	2823±1066▲	2752±1121▲
Потеря массы тела в %	0,7±0,4	0,7±0,3	0,8±0,4

Примечание: ▲ – достоверные отличия относительно ваготонии

Таким образом, юноши ваготоники проявили более высокий уровень резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и эргометрических показателей работоспособности, чем симпатотоники, в то время как нормотоники по большинству показателей занимали промежуточное положение, более близкое к симпатотоникам.

Таблица 25 – Концентрации глюкозы и лактата у юношей с разными вегетативными типами после максимальной нагрузки на тредбане (Me (Q1-Q3))

Показатели	Вегетативный тип по Кердо		
	Ваготония (n=13)	Нормотония (n=11)	Симпатикотония (n=10)
<b>Глюкоза, мМ/л, (фон)</b>	4,53 (4,44;4,75)	4,67 (4,55;4,71)	4,46 (4,38;4,67)
после 1 ступени	4,58 (4,39;4,75)	4,61 (4,58;4,77)	4,39 (4,32;4,76)
2 ст.	4,53 (4,34;4,92)	4,58 (4,37;4,81)	4,50 (4,29;5,05)
3 ст.	4,39 (4,32;4,91)	4,53 (4,34;4,87)	4,73 (4,27;4,97)
4 ст.	4,59 (4,34;4,91)	4,50 (4,38;4,84)	4,41 (3,96;4,89)
5 ст.	4,68 (4,35;4,78)	4,48 (4,29;4,66)	4,57 (4,17;4,83)
6 ст.	4,56 (4,34;4,74)	4,43 (4,36;5,01)	4,46 (4,18;5,16)
7 ст.	4,85 (4,35;5,11) (n=7)	4,72 (4,42;5,23) (n=7)	4,30 (4,19;4,76) (n=11)
8 ст.	5,22 (4,93;5,34) (n=6)	5,15 (4,36;5,36) (n=7)	4,61 (4,04;5,17) (n=9)
9 ст.	6,40 (4,97;6,57) (n=5)	5,49 (5,22;5,90) (n=6)	5,01 (4,60;5,45) (n=3)
Отказ	*5,28 (4,87;5,87)	*5,79 (5,11;5,99)	*5,41 (4,87;6,30)

Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*5,16 (4,65;5,66)	*5,56 (5,03;5,92)	*5,30 (5,02;6,24)
<b>Лактат</b> , мМ/л, (фон)	1,88 (1,34;2,05)	2,12 (2,01;2,39)	2,17 (1,92;2,26)
после 1 ступени	◆2,41 (1,64;2,97)	◆3,04 (2,44;3,21)	◆3,36 (2,20;3,89) ▲
2 ст.	◆2,17 (1,45;2,51)	◆2,07 (2,02;2,50)	◆1,59 (1,47;1,82)
3 ст.	◆2,59 (1,76;3,19)	◆2,34 (2,29;2,92)	◆2,06 (1,52;2,47)
4 ст.	◆3,18 (2,31;3,81)	◆3,33 (3,02;3,52)	◆2,49 (1,73;3,45)
5 ст.	◆4,03 (2,78;4,80)	◆4,21 (3,08;4,38)	◆3,53 (2,00;4,53)
6 ст.	◆5,03 (4,03;6,30)	◆5,23 (4,43;6,14)	◆4,51 (2,99;5,61)
7 ст.	◆6,75 (5,01;8,47) (n=7)	◆6,75 (5,55;6,80) (n=7)	◆6,30 (4,56;9,05) (n=11)
8 ст.	◆8,81 (7,75;10,65) (n=6)	◆8,22 (4,79;9,65) (n=7)	◆9,30 (4,26;14,60) (n=9)
9 ст.	◆14,10 (12,43;17,80) (n=5)	◆11,32 (6,76;13,50) (n=6)	8,35 (5,60;13,43) (n=3)
Отказ	*8,27 (7,04;12,30)	*10,10 (9,95;13,50)	*11,80 (8,14;13,70)
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*4,82 (3,35;7,16)	*7,37 (5,53;10,30)	*6,93 (4,77;9,10)
Лактатный вклад в энергообеспечение (EaiLa), (кДж)	27,49 (26,33;52,47)	43,11 (29,37;51,90)	41,35 (21,87;50,55)

*Примечание:* значимые различия относительно: ▲ – ваготоников; ■ – нормотоников; ◆ – предыдущей ступени тредбана; \* – фона.

Концентрация глюкозы значимо не отличалась на протяжении всех ступеней теста, однако во время отказа и после восстановительного периода уровень субстрата значимо повышался относительно фоновых значений у всех групп юношей. Между юношами с разным вегетативным статусом по концентрации субстрата в крови на протяжении всего тестирования значимых различий выявлено не было.

Лактат значимо повышался относительно предыдущей ступени до 9-й ст. у всех юношей, кроме симпатотоников. Статистически значимые межгрупповые различия по концентрации лактата были зафиксированы после первой ступени у симпатотоников по сравнению с более низкими значениями у юношей с преобладанием ваготонии. В целом, лактатный вклад в энергообеспечение физической нагрузки значимо не различался в группах юношей с разным

вегетативным типом, однако у ваготоников отмечалась тенденция к более низким значениям этого вклада.

Таким образом, вегетативный тип не оказывал существенное влияние на показатели концентраций глюкозы и лактата в капиллярной крови юношей в динамике ступенчатой нагрузки.

Таблица 26 – Глюкозо-лактатное соотношение юношей разных вегетативных типов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (Me (Q1-Q3))

Показатели	Вегетативный тип по Кердо		
	Ваготония (n=13)	Нормотония (n=11)	Симпатикотония (n=10)
<b>Глюкоза/Лактат, мМ/л, (фон)</b>	2,31 (2,09;3,07)	2,33 (2,04;2,68)	1,91 (1,74;2,45)
после 1 ступени.	◆1,85 (1,64;2,72)	◆1,54 (1,47;1,72)	◆1,18 (1,14;2,16) ▲
2 ст.	◆2,31 (1,77;3,14)	◆2,16 (1,73;2,39)	◆3,06 (2,20;3,37)
3 ст.	◆1,94 (1,41;2,62)	◆1,83 (1,38;2,00)	◆2,27 (1,99;3,27)
4 ст.	◆1,53 (1,13;1,96)	◆1,38;1,15;1,50)	◆1,64 (1,44;2,77)
5 ст.	◆1,22 (0,92;1,59)	◆1,07 (0,95;1,23)	◆1,25 (1,01;2,41)
6 ст.	◆0,97 (0,71;1,12)	◆0,83 (0,75;0,88)	◆1,01 (0,79;1,72)
7 ст.	◆0,72 (0,57;0,84)	◆0,66 (0,60;0,95)	◆0,69 (0,46;1,21)
8 ст.	◆0,56 (0,51;0,59)	0,54 (0,47;1,12)	◆0,47 (0,31;1,11)
9 ст.	0,40 (0,36;0,46)	◆0,47 (0,42;0,54)	0,52 (0,33;0,90)
Отказ	*0,60 (0,52;0,73)	*0,52 (0,42;0,54)	*0,47 (0,33;0,66)
Спустя 10 мин. восстановления после отказа	*1,16 (0,69;1,49)	*0,66 (0,55;0,86)	*0,80 (0,58;1,06)

*Примечание:* значимые различия относительно: ▲ – ваготоников; ◆ – предыдущей ступени тредбана; \* – фона.

Как видно из таблицы, показатель глюкозо-лактатного соотношения значимо изменялся после каждой ступени теста у юношей всех вегетативных типов, на 8-й и 9-й ст. теста снижение показателя замедлилось и различия между предыдущей ступенью стали менее выраженными. Лишь после первой ступени у юношей с преобладанием симпатикотонии выявлены достоверно меньшие различия по сравнению с ваготониками.

Таким образом, анализ показателя глюкозо-лактатного индекса не выявил существенных отличий в динамике теста между юношами с разным вегетативным типом, кроме первой ступени.

Таблица 27 – Лактатные вклады юношей разных вегетативных типов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (относительно предыдущей ступени) (Me (Q1-Q3))

Показатели	Вегетативный тип по Кердо		
	Ваготония (n=13)	Нормотония (n=11)	Симпатикотония (n=10)
Лактатный вклад, после 1 ступени.	2,16 (1,06;3,46)	3,83 (3,32;5,29)	5,59 (2,83;5,95)▲
2 ст.	◆-1,11 (-2,12;0,25)	◆-2,09 (-4,64;0,88)	◆-7,07 (-8,64; -3,72) ▲■
3 ст.	◆2,02 (1,22;2,79)	◆1,07 (0,80;2,19)	◆1,27 (0,05;1,85)
4 ст.	◆2,78 (2,06;4,16)	◆2,85 (2,69;3,37)	◆1,67 (1,00;3,26)
5 ст.	3,27 (2,31;5,73)	3,42 (1,75;4,78)	◆3,32 (1,78;5,47)
6 ст.	◆4,62 (3,52;7,17)	◆5,37 (4,08;5,69)	4,72 (2,53;7,67)
7 ст.	◆8,31 (7,27;12,60)	6,17 (4,82;8,96)	7,75 (7,34;15,43)
8 ст.	8,55 (7,33;12,72)	6,59 (5,73;8,02)	◆18,22 (6,48;25,62) ■
9 ст.	◆27,85 (26,02;33,25)	◆18,25 (14,77;27,6)	18,49 (10,40;21,47)

*Примечание:* значимые различия относительно: ▲ – ваготоников; ■ – нормотоников; ◆ – предыдущей ступени требана.

Как видно из таблицы, по результатам 1-й ступени тестирования симпатотоники имели значимо более высокий лактатный вклад в энергообеспечение мышечной деятельности по сравнению с другими группами, а после 2-й ст. значимо более низкий. С 3-й по 7-й ст. прирост лактатного вклада на каждой последующей ступени по сравнению с предыдущей был примерно одинаковый в разных группах, а после 8-й ступени теста вклад лактатных механизмов симпатотоников был выше нормо- и ваготоников. На последних ступенях только у юношей ваготоников и нормотоников выявлены значимые приросты лактатного вклада.

Таким образом, анализ лактатного вклада относительно каждой последующей ступени выявил больше значимых различий в динамике нагрузочного тестирования у

юношей с разным вегетативным типом, чем динамика показателей концентраций глюкозы и лактата.

Анализ лактатных механизмов относительно фона (табл.28) в динамике ступенчатой нагрузки у юношей с разным вегетативным типом показал, что студенты с ваготоническим и нормотоническим типами реакции имели значимые приросты лактатного вклада с 4-й ступени тестирования и до окончания нагрузки. В то же время симпатотоники на 2-й и 3-й ступенях показали даже отрицательный вклад лактата по сравнению с фоном, а с 4-й до 7-й ступени лактатный вклад существенно не изменялся относительно фоновых значений и лишь на завершающих отрезках тестирования наблюдался значимый прирост лактатных механизмов энергообеспечения.

Таблица 28 – Лактатные вклады юношей разных вегетативных типов в динамике ступенчатой нагрузки до отказа (изменения относительно фона)  
(Me (Q1; Q3))

Показатели	Вегетативный тип по Кердо		
	Ваготония (n =13)	Нормотония (n =11)	Симпатикотония (n =10)
Лактатный вклад, после 1-й ступени (принят за фоновые значения)	2,16 (1,06;3,46)	3,83 (3,32;5,29)	5,59 (2,83;5,95) ▲
2 ст.	0,79 (-0,12;2,26)	1,29 (-0,82;3,39)	*-2,33 (-2,92; -0,89) ▲■
3 ст.	2,42 (1,27;4,87)	3,14 (1,77;5,47)	*-1,39 (-1,62; 0,03) ▲■
4 ст.	*5,22 (3,86;8,37)	*7,20 (5,15;8,16)	0,13 (-0,87; 3,75) ▲■
5 ст.	*8,53 (6,23;12,93)	*9,93 (6,29;12,81)	4,30 (1,15;8,07)
6 ст.	*14,79 (10,18;19,56)	*15,79 (11,66;18,33)	7,18 (3,88;14,23)
7 ст.	*23,33 (17,34;30,53)	*21,28 (16,48;24,28)	*19,34 (10,66;30,70)
8 ст.	*28,93 (27,16;41,01)	*29,25 (11,88;31,27)	*35,54 (13,16;56,33)
9 ст.	*58,39 (46,39;70,15)	*39,13 (20,91;51,91)	*23,75 (21,06;52,17)

Примечание: значимые различия относительно: ▲ – ваготоников; ■ – нормотоников; \* – фона

Значимые межгрупповые различия выявились на исходном уровне у юношей с крайними типами вегетативной реакции, а на 2-й – 4-й нагрузочных ступенях симпатотоники по приросту показателя значимо уступали юношам других групп. И только к 8-й ст. тестирования различия в лактатном вкладе между группами стали незначительными. Однако в целом, вклад лактатных механизмов в энергообеспечение мышечной деятельности был существенно выше у ваго- и нормотоников по сравнению с симпатотониками. Вероятно, благодаря более высокой активности симпато-адреналовой системы у симпатотоников происходила частичная компенсация лактатных механизмов энергообеспечения мышечной нагрузки. Это предположение требует дальнейшего исследования.

### ***3.5.1 Оценка физической работоспособности юношей в зависимости от соматотипа и типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата***

Представляло интерес сопоставить морфофункциональные показатели физической работоспособности юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого из соматотипов, а также сравнить эти параметры юношей каждого типа реагирования, но разных соматотипов.

Как видно из табл. 29, показатели, характеризующие тип телосложения (индексы Кетле и Пинье), существенно и достоверно отличались между эктоморфным, с одной стороны, и мезо-эндоморфным соматотипами во всех группах функционального реагирования; с другой стороны, значимых отличий между представителями разных типов функционального реагирования в мезо- и эктоморфной соматотипических группах не выявлено; и только в группе юношей эндоморфного соматотипа спринтеры имели более плотное телосложение относительно микстов и стайеров (ИК был достоверно выше, а ИП – ниже).

Суммарное количество кожно-жировых складок на теле имело четкую тенденцию к уменьшению от эндо- к мезо- и далее к эктоморфному соматотипу для представителей всех типов функционального реагирования. В то же время в каждой

соматотипической группе у стайеров этот показатель был достоверно меньше, чем у микстов и спринтеров.

МИ юношей эндоморфного соматотипа уступал по величине соответствующим показателям представителей других морфотипов, а по сравнению с мезоморфами даже достоверно, что может свидетельствовать о некоторых различиях в развитии их мышечной системы. Однако в каждой соматотипической группе у стайеров он был значимо выше, чем у спринтеров и микстов.

Таблица 29 – Морфологические показатели и статическая работоспособность юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого соматотипа (Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип реагирования	Эндоморфный соматотип	Мезоморфный соматотип	Эктоморфный соматотип
Индекс Кетле	Спринтер	25,0 (20,5;28,0) ■	23,8 (22,5;25,4) ▲	20,7 (20,0;21,7) ▲■
	Микст	*23,7 (23,0,2;25,4)	22,2 (21,0;24,6)	20,7 (18,8;21,6) ▲■
	Стайер	*23,5 (22,8;24,4)	21,8 (20,8;24,1)	19,8 (18,5;20,2) ▲■
Индекс Пинье	Спринтер	2,8 (-15,7;22,0) ■	15,4 (3,6;23,6) ▲	26,0 (22,4;32,0) ▲■
	Микст	*16,3 (10,0;19,0)	19,3 (9,6;24,4)	33,2 (24,9;35,5) ▲■
	Стайер	*14,4 (9,7;19,8)	18,4 (11,6;25,8)	32,1 (29,1;40,0) ▲■
Сумма складок, мм	Спринтер	166 (133;233)	98 (88;130) ▲	96 (83;121) ▲
	Микст	159 (121;187)	94 (85;105) ▲	89 (70;89) ▲
	Стайер	◆*122 (111;165)	83 (71;105) ▲	80 (72;92) ▲
Мышечный индекс	Спринтер	11,9 (10,6;18,6) ■	17,1 (14,9;19,3)	14,6 (11,2;19,3)
	Микст	15,0 (10,7;15,5) ■	18,3 (15,4;20,8)	15,4 (14,3;18,8)
	Стайер	14,7 (14,0;17,0)	17,9 (16,4;21,3) ▲	◆*19,5 (16,0;20,2) ▲
Кистевая сила, кг	Спринтер	52,3 (48,5;55,5)	53,0 (49,1;57,1)	49,9 (47,4;53,1)
	Микст	*44,8 (39,7;47,3)	48,5 (44,0;52,0)	49,1 (44,8;52,3) ▲
	Стайер	49 (44,5;50,0)	*44,8 (43,8;48,2)	◆*42,8 (38,5;49,0) ▲
Выносливость, сек	Спринтер	◆31,5 (27,5;35,5)	◆30,8 (25,8;34,5)	◆27,3 (24,8;30,0)
	Микст	*37,5 (34,5;41,8)	*39,8 (37,0;43,5)	*41 (39,5;45,5)
	Стайер	◆*56 (49,0;58,5)	◆*52,5 (44,0;63,0)	◆*51 (48,0;55,5)

*Примечание.* Значимые различия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ◆ – микстов; \* – спринтеров.

Оценка кистевой силы показала, что при отсутствии выраженных межсоматотипических различий самый высокий показатель кистевой силы был у спринтеров, между микстами и стайерами он не отличался. В то же время уровень мышечной выносливости стайеров всех соматотипов существенно и достоверно превышал аналогичные показатели юношей микстов и спринтеров при отсутствии различий между соматотипами. Важно подчеркнуть, что описанные параметры - мышечная сила и выносливость зависели в большей степени от типа функционального реагирования, чем от соматотипа.

Анализ вегетативной регуляции (Индекс Кердо) показал тенденцию к преобладанию парасимпатикотонии (ваготонии) у юношей эктоморфного соматотипа во всех типах функционального реагирования, тогда как у эндо- и мезоморфов всех функциональных типов наблюдалась тенденция к симпатикотонии.

Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы в покое и после физической нагрузки не выявило статистически значимых различий ЧСС в состоянии покоя между индивидуально-типологическими группами юношей. Однако после нагрузки пульс был достоверно выше у стайеров эндоморфного соматотипа по сравнению с эктоморфным, что, вероятно, отражает их меньшие функциональные резервы( табл.30)

Таблица 30 –Показатели сердечно-сосудистой системы юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого соматотипа в покое и после выполнения ступенчатого теста (Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип реагирования	Эндоморфный соматотип	Мезоморфный Соматотип	Эктоморфный соматотип
Индекс Кердо	Спринтер	7,1 (0,0;12,0)	10,1 (-2,6;18,1)	-12,4 (-17,9;7,3)
	Микст	1,5 (0,0;15,2)	5,7 (0,0;11,5)	2,9 (-14,3;10,0)
	Стайер	10,4 (-3,2;16,8)	8,3 (-9,4;14,7)	0,0 (-6,7;11,8)
ЧСС, фон, п/мин	Спринтер	72,0 (70,0;74,0)	72,0 (62,0;76,0)	70,4 (60,0;78,0)
	Микст	70,0 (67,0;79,0)	66,5 (62,0;74,0)	68,0 (65,0;70,0)
	Стайер	71,0 (65,0;72,0)	68,0 (58,0;73,0)	69,5 (65,0;76,0)
ЧСС, отказ. п/мин	Спринтер	200,0 (188,2;202,0)	194,5 (190,0;196,0)	188,5 (183,0;192,0)
	Микст	197,0 (195,0;198,0)	194,5 (192,0;199,0)	193,0 (188,6;197,0)

	Стайер	198,5 (194,4;200,0)	198,4 (185,5;200,0)	191,5 (187,0;194,0) ▲
САД, фон, мм рт.ст.	Спринтер	127,0 (120,0;135,0)	129,5 (121;134,5)	132,5 (125,0;135,0)
	Микст	132,5 (130,0;133,3)	133,5 (125,0;139,0)	125,0 (120,5;133,5)
	Стайер	125,5 (120,0;127,5)	133,1 (125,0;138,5)	129,0 (120,0;135,0)
САД, отказ, мм рт.ст.	Спринтер	180,0 (175,0;195,0)	179,5 (173,0;191,0)	166,5 (161,5;180,0)
	Микст	179,0 (173,0;190,0)	189,0 (180,0;195,0)	180,0 (162,7;190,0)
	Стайер	173,5 (153,5;190,5) ■	188,0 (174,0;201,0)	185,5 (170,0;200,0)
ДАД, фон, мм рт.ст.	Спринтер	66,0 (65,0;70,0)	65,0 (59,5;70,0)	69,0 (63,5;80,0)
	Микст	66,0 (65,0;70,0)	66,0 (60,0;69,0)	67,5 (62,5;75,5)
	Стайер	65,0 (60,0;70,0)	61,0 (58,5;65,5)	69,0 (61,0;70,0)
ДАД, отказ, мм рт.ст.	Спринтер	60,0 (59,0;76,0)	68,0 (59,5;77,0)	59,5 (45,0;69,0)
	Микст	60,5 (57,0;64,0)	74,0 (62,0;78,0)	64,0 (50,5;72,0)
	Стайер	62,5 (52,5;77,0)	68,0 (63,5;70,0)	71,0 (50,0;76,0)
Ударный объём крови в покое, мл	Спринтер	71,0 (67,2;79,1)	79,5 (72,6;85,7)	77,2 (66,5;77,4)
	Микст	77,4 (71,3;80,5)	78,4 (71,4;80,6)	74,5 (63,1;78,1)
	Стайер	74,3 (68,6;84,7)	79,3 (74,7;85,8)	73,4 (65,7;77,4)
Ударный объём крови после максимальной ступенчатой нагрузки, мл	Спринтер	107,6 (94,0;110,7)	102,0 (95,3;112,9)	103,6 (90,3;126,9)
	Микст	107,6 (98,6;118,8)	98,4 (92,7;111,6)	103,2 (98,6;121,1)
	Стайер	96,9 (88,7;116,6)	104,1 (95,1;119,1)	106,7 (93,6;121,0)
Минутный объём крови в покое, л	Спринтер	5,2 (4,7;5,8)	5,3 (4,6;6,0)	4,5 (3,9;4,8)
	Микст	5,2 (4,8;6,3)	5,4 (4,6;5,9)	5,0 (4,1;5,4)
	Стайер	5,1 (4,8;5,8)	4,9 (4,7;5,8)	4,9 (4,6;5,9)
Минутный объём крови после максимальной ступенчатой нагрузки, л	Спринтер	20,9 (18,9;23,1)	19,7 (18,1;22,0)	19,3 (16,5;24,3)
	Микст	21,2 (18,7;23,2)	19,2 (17,9;21,4)	20,4 (19,4;22,1)
	Стайер	18,8 (17,6;23,4)	20,3 (17,7;22,9)	20,0 (18,0;23,4)

*Примечание:* значимые различия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ◆ – микстов; \* – спринтеров.

Представляло интерес оценить, сколько времени тратили юноши разных типов для достижения ЧСС170 и какой скорости тредбана при этом достигали, что соответствовало значениям перехода в анаэробную зону энергообеспечения мышечной работы. Известно, что анаэробный порог (АнП), который определяется при концентрации лактата в крови 4 ммоль/л, и максимальная ЧСС являются важными маркерами физической работоспособности (Коурова О.Г., 2004; Исаев А.П. и др., 2013; Рылова Н.В. и др., 2016; Ефремова Р.И. и др., 2017; Баянкина Д.Е. и др., 2021;

Кальбердин И.С. и др., 2023;), поэтому удобно оценивать энергетические процессы в мышцах неинвазивным, но в то же время информативным физиологическим показателем во время выполнения физической нагрузки.

Среди микстов юноши эндоморфного типа уступали эктоморфам по достигнутой скорости тредбана в момент перехода в анаэробную зону, при этом в группе с преобладанием мезоморфии стайеры значительно превосходили микстов. Время, затраченное в аэробном режиме до ЧСС170 юношами спринтерского типа, было меньше во всех соматотипических группах, чем стайерами и микстами. У юношей всех типов реагирования во всех соматотипических группах это время увеличивалось от эндоморфного соматотипа к мезоморфному и далее к эктоморфному типу, что может свидетельствовать о более высокой скорости движения спринтеров эндоморфного типа. При этом стайеры всех соматотипов достигали более высокой степени тредбана до отказа, чем спринтеры и миксты, тогда как скорость движения полотна существенно не различалась между всеми группами (табл.31).

Таблица 31 –Эргометрические показатели юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого соматотипа после ступенчатого теста (Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип реагирования	Эндоморфный соматотип	Мезоморфный Соматотип	Эктоморфный соматотип
Скорость полотна тредбана при ЧСС 170 уд/мин, км/ч	Спринтер	9,0 (8,0;10,0)	9,5 (9,0;10,0)	9,5 (9,0;10,3)
	Микст	8,0 (7,0;9,0)	9,0 (8,0;9,5)	10 (9,0;10,5) ▲
	Стайер	9,5 (8,0;10,0)	◆10,0 (9,0;13,0)	10,8 (10,0;11,0)
Время достижения ЧСС 170, сек	Спринтер	480 (340;590)	540 (427;665)	532 (424;675)
	Микст	240 (170;455)	460 (311;503)	607 (477;685) ▲
	Стайер	510 (240;620)	◆692 (520;1145)	720 (620;810) ▲
Степень при ЧСС170	Спринтер	3,5 (3,0;4,0)	3,5 (3,0;4,0)	4,0 (3,5;4,8)
	Микст	2,5 (2,0;4,5)	3,0 (2,0;3,5)	4,0 (3,0;5,0) ▲
	Стайер	3,5 (2,0;5,0)	◆4,0 (3,0;7,0)	5,0 (4,0;5,0)
Степень при отказе	Спринтер	6,0 (5,0;8,0)	6,5 (6,0;7,0)	6,5 (6,0;8,0)
	Микст	4,0 (3,0;7,0)	5,0 (5,0;7,0)	6,0 (6,0;7,0)
	Стайер	6,0 (5,0;8,0)	◆7,0 (6,0;9,0)	7,0 (7,0;8,0)
Скорость полотна тредбана при отказе, км/ч	Спринтер	11,0 (11,0;13,0)	12,3 (12,0;13,0)	12,0 (12,0;13,0)
	Микст	9,6 (9,0;12,0)	11,0 (11,0;13,0)	12,0 (11,0;13,0)
	Стайер	11,8 (10,5;13,1)	◆13,0 (12,0;14,0)	13,0 (13,0;14,0)

Работа суммарная, кг*км	Спринтер	212 (183;346)	230 (186;289)	222 (208;290)
	Микст	161 (117;185)	165 (139;243)	216 (177;245)
	Стайер	223 (150;308)	270 (185;311)	233 (196;249)
Преодоленное расстояние, м	Спринтер	2550 (2250;3800)	3175 (2850;3500)	3012 (2854;3825)
	Микст	2019 (1422;2890)	2255 (2255;3500)	2850 (2550;3520)
	Стайер	2850 (1975;3955)	◆3500 (2940;4500)	3500 (3366;4200)
Потеря массы тела в %	Спринтер	0,5 (0,5;0,7)	1,0 (0,7;1,1) ▲	0,9 (0,4;1,0)
	Микст	0,7 (0,5;1,0)	0,7 (0,5;0,9)	0,7 (0,5;0,9)
	Стайер	0,6 (0,5;0,9)	0,9 (0,6;1,0)	0,6 (0,6;1,0)

*Примечание.* Значимые различия относительно: ■ – мезоморфного соматотипа; ▲ – эндоморфного соматотипа; ◆ – микстов; \* – спринтеров.

Следовательно, как соматотип, так и тип функционального реагирования влияли на соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения физической активности.

Правильная трактовка показателей сердечно-сосудистой системы, в частности АД, может оказаться существенным фактором оценки высокой работоспособности и резервных возможностей человека в экстремальных состояниях тестирования до отказа (Родина О.П. и др., 2014; Горст В.Р. и др., 2018; Whelton S.P. et al., 2002). Измерение артериального давления у юношей разных типов как в покое, так и после физической нагрузки до отказа не выявило отличий в реакции между исследуемыми группами.

Несмотря на некоторые морфофункциональные отличия между юношами разных соматотипов и типов реагирования, суммарная мышечная работа на тредбане статистически не отличалась между группами обследуемых с разными индивидуально-типологическими характеристиками, и только юноши-миксты всех соматотипических групп на уровне тенденции имели более низкие результаты по сравнению со сверстниками из крайних типов реагирования.

Однако по пройденному пути студенты экто- и мезоморфного соматотипов имели тенденцию, а стайеры этих соматотипов достоверно превышали указанный показатель по сравнению с юношами эндоморфного типа. При этом, среди всех юношей наблюдались значимые отличия между соматотипическими группами по

пройденному расстоянию – увеличение от эндоморфов до эктоморфов, при этом, стайеры превосходили микстов и спринтеров во всех соматотипических группах.

Ударный и минутный объем крови юношей в покое и после максимальной физической нагрузки значимо не отличался в зависимости от соматотипа и типа реагирования, и прирастал примерно в 4 раза по сравнению с фоновыми значениями.

Выполнение теста приводило к некоторой потере массы тела: в абсолютных значениях достоверных отличий между группами не отмечалось, а в относительных (% от исходной массы тела) юноши эндоморфного соматотипа имели несколько меньшую потерю, чем эктоморфы и, особенно, мезоморфы.

Следовательно, в рамках каждого соматотипа между юношами разных типов функционального реагирования нервно-мышечной системы наблюдались незначительные различия морфологических показателей и в большей степени - некоторых функциональных показателей, определяющих тип реагирования (кистевая сила, выносливость, ступень отказа, скорость движения), особенно между спринтерами и стайерами, что и понятно, поскольку по ним главным образом и определяется тип реагирования; а между юношами одинакового типа функционального реагирования разных соматотипов – выделены отличия преимущественно морфологических показателей, особенно между эндо- и эктоморфами, по которым и определяется соматотип. Таким образом, в зависимости от задачи выбора вида спортивной специализации важно учитывать как морфотип, так и тип функционального реагирования.

Юноши эктоморфного соматотипа имели в своем составе больше стайеров, мезоморфного - спринтеров, тогда как среди представителей эндоморфного соматотипа было примерно одинаковое распределение обследуемых по типу функционального реагирования. Юноши эндоморфного соматотипа при выполнении физической нагрузки на тредбане уступали по относительному объему выполненной работы и количеству пройденных ступенек до отказа обследуемым мезоморфного и, особенно, эктоморфного соматотипов. Юноши спринтерского и стайерского типов функционального реагирования всех соматотипов показали более высокие

результаты физической работоспособности по сравнению с микстами. Стайеры мезо- и эктоморфного соматотипов на энергетическом уровне выделялись относительно эндоморфного соматотипа и остальных групп реагирования более высоким резервом и вкладом аэробных механизмов при выполнении физической работы. Исследование позволило выделить значимость соматотипа и типа функционального реагирования для характеристики разных показателей физической работоспособности. Полученные результаты ставят задачу дальнейшего изучения вклада соматотипа и типа функционального реагирования в обеспечение физической работоспособности у спортсменов, что важно для отбора юношей в различные группы спортивной специализации.

***3.5.2 Оценка физической работоспособности в зависимости от вегетативного типа юношей разных соматотипов и типов функционального реагирования.***

Таблица 32 – Распределение юношей разных соматотипов в рамках вегетативного типа

Вегетативный тип	Соматотип
Ваготония (31 чел.) 22,8%	Энд (5 чел.) 16,1% Мез (11 чел.) 35,5% Экт (15 чел.) 48,4%
Нормотония (52 чел.) 38,2%	Энд (15 чел.) 28,8% Мез (22 чел.) 42,4% Экт (15 чел.) 28,8%
Симпатикотония (53 чел.) 39,0%	Энд (17 чел.) 32,1% Мез (24 чел.) 45,3% Экт (12 чел.) 22,6%

Как видно из табл. 32, среди обследованных юношей количество ваготоников уступало количеству нормотоников и симпатотоников, что, вероятно, соответствует современному распределению вегетативных типов среди молодежи (Головин Н.Л. и др., 2010).

Доли соматотипов между вегетативными типами значимо не отличались при распределении юношей.

Однако в группе юношей с преобладанием ваготонии отмечалась выраженная тенденция к преобладанию лиц с эктоморфией ( $\chi^{2\text{эмп}} = 4,90$  при  $p = 0,08$ ) и минимальная доля лиц эндоморфного соматотипа, в то время как среди юношей симпатотоников имелась тенденция к преобладанию мезоморфов ( $\chi^{2\text{эмп}} = 4,11$  при  $p = 0,11$ ). Аналогичное преобладание юношей мезоморфного соматотипа отмечалось и среди нормотоников.

Следовательно, вегетативный тип в определенной степени связан с морфотипом: ваготоники – с эктоморфией, а нормотоники и симпатотоники – с мезоморфией.

Таблица 33 – Распределение юношей разных вегетативных типов в рамках соматотипа

Соматотип	Вегетативный тип
Эндоморфный (37 чел.) 27,2%	В (5 чел.) 13,5% Н (15 чел.) 40,6% С (17 чел.) 45,9%
Мезоморфный (57 чел.) 41,9%	В (11 чел.) 19,3% Н (22 чел.) 38,6% С (24 чел.) 42,1%
Эктоморфный (42 чел.) 30,9%	В (15 чел.) 35,7% Н (15 чел.) 35,7% С (12 чел.) 28,6%

Для проверки данного заключения мы провели обратный анализ – оценили распределение вегетативных типов в рамках соматотипа. Как видно из табл. 33, в рамках эндоморфного и мезоморфного соматотипов отмечалось явное преобладание симпатотоников и нормотоников, а среди юношей эктоморфного соматотипа все вегетативные типы распределились примерно поровну. Важно отметить, что доля юношей с преобладанием ваготонии была значимо выше среди эктоморфов по

сравнению с мезо- и особенно эндоморфным соматотипом ( $F=2,3$ ). В то же время доля симпатотоников имела признаки преобладания среди юношей эндоморфной и мезоморфной конституций ( $F=1,7$ ).

В группах с эндоморфным типом распределение вегетативных типов было неравномерным, преобладали симпатотоники при малом количестве юношей с парасимпатическим (ваготоническим) типом регуляции. ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 6,7$ ;  $\chi^2_{\text{табл}} = 5,9$  при  $p = 0,03$ ). Похожая тенденция выявлена у мезоморфов ( $\chi^2_{\text{эмп}} = 5,2$ ;  $\chi^2_{\text{табл}} = 5,9$  при  $p = 0,07$ ). Только среди юношей эктоморфного типа доли вегетативных типов практически не различались и соответствовали теоретическому распределению.

Таким образом, подтвердилось наблюдение о преобладании того или иного вегетативного типа среди соматотипов: у эктоморфов преобладание ваготоников, у эндо- и мезоморфов – симпатотоников.

На следующем этапе мы провели анализ морфофункциональных показателей юношей различных вегетативных типов в рамках каждого соматотипа (табл.34).

Выявлено, что индекс массы тела (Индекс Кетле) значительно отличался у юношей эктоморфного соматотипа и был ниже, чем у эндо- и мезоморфов независимо от вегетативного типа. Индекс Пинье значительно различался только между крайними соматотипами в группах с разным вегетативным типом. По сумме кожно-жировых складок на теле представители эндоморфного типа ожидаемо имели значительно более высокие показатели, чем мезо- и эктоморфы всех вегетативных типов. Среди юношей ваготоников мезоморфного соматотипа мышечный индекс был достоверно выше, чем у эндоморфов, и в целом все эндоморфы разных вегетативных типов имели наименьшие показатели мышечного индекса.

Кистевая сила и выносливость значительно не отличались во всех вегетатико-конституциональных представленных группах.

Таблица 34 – Морфологические показатели и статическая работоспособность юношей разных вегетативных типов в рамках каждого соматотипа ( $Me (Q1-Q3)$ )

Показатели	Соматотип	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Индекс Кетле	Энд	24,2 (20,7;26,8)	24,0 (22,0;25,2)	23,4 (22,5;25,9)
	Мез	22,2 (20,9;24,0)	23,2 (21,2;24,4)	23,1 (21,5;25,1)
	Экт	▲■20,4 (19,9;21,1)	▲■19,5 (18,7;20,8)	▲■19,5 (18,7;20,4)
Индекс Пинье	Энд	16,6 (-16,7;23,4)	10,8 (1,8;21,1)	15,9 (0,6;22,4)
	Мез	23,4 (14,6;27,4)	17,7 (6,9;24,7)	15,8 (8,5;20,8)
	Экт	▲30,2 (24,9;32,7)	▲31,1 (18,7;36,2)	▲■34,8 (28,5;40,4)
Сумма складок, мм	Энд	166,0 (108,0;249,0)	153,0 (112,0;187,0)	159,0 (122,5;193,5)
	Мез	▲91,0 (77,0;119,0)	▲95,0 (85,0;126,0)	▲95,5 (80,0;107,0)
	Экт	▲81,0 (71,0;96,0)	▲88,0 (74,7;93,5)	▲76,0 (65,0;89,0)
Мышечный индекс	Энд	■10,7 (10,6;18,4)	15,0 (13,2;18,6)	■14,7 (11,2;17,0)
	Мез	19,2 (16,4;21,4)	17,2 (14;19,2)	17,9 (15,5;20,7)
	Экт	16,5 (13,2;20,4)	16,0 (13,6;21,4)	▲18,8 (15,4;20)
Кистевая сила, кг	Энд	50,5 (44,3;51,5)	48,5 (41,0;52,5)	46,9 (44,1;50,8)
	Мез	48,1 (45,8;55,5)	49,5 (44,5;55,0)	51,6 (47,2;57,3)
	Экт	47,1 (45,8;52,3)	47,8 (41,9;50,8)	48,8 (42;50,8)
Выносливость, сек	Энд	46,0 (37,5;64,5)	35,0 (29,0;43,0)	40,3 (39,9;53,5)
	Мез	38,8 (33,0;48,0)	37,0 (30,5;40,5)	39,0 (31,0;45,0)
	Экт	61,0 (58,5;68,0)	46,3 (42,3;50,8)	45,0 (39,0;54,0)

*Примечание.* значимые различия относительно: ◆ – нормотонии; \* – ваготонии; ▲ – эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного соматотипа.

Таким образом, юноши разных соматотипических групп по морфологическим и эргометрическим показателям имели значимые различия, тогда как между обследуемыми разными вегетативных типов реакции в рамках каждого соматотипа статистических различий не наблюдалось.

Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы показал (табл.35), что все исследованные показатели в покое значимо не отличались между соматотипическими группами в рамках каждого вегетативного типа. Однако между вегетативными типами уже в покое можно увидеть определенные отличия. Так, абсолютно естественно, что индекс Кердо, по которому определялся вегетативный тип, был разным у представителей этих групп. У ваготоников всех соматотипов ЧСС, ударный и минутный объемы были достоверно ниже, чем у симпатотоников и аналогичная тенденция выявилась по отношению к нормотоникам, тогда как ДАД оказалось выше у ваготоников, чем у симпатотоников.

Таблица 35 – Показатели сердечно-сосудистой системы юношей разных вегетативных типов в рамках каждого соматотипа (Me (Q1-Q3))

Показатели	Соматотип	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Индекс Кердо	Энд	-18,1 (-18,6; -0,2) ♦	2,8 (0,0;5,3) *	16,1 (13,3;21,3) ♦*
	Мез	-18,6 (-29,1;-15,8) ♦	1,5 (-3,1;5,1) *	15,4 (12,8;18,5) ♦*
	Экт	-13,8 (-17,6; -10,3) ♦	-2,3 (-5,6;2,1) *	16,2 (11,8;17,3) ♦*
ЧСС, фон, п/мин	Энд	65,0 (59,0;72,5)	70,0 (67,0;72,0)	76,5 (71,5;78,5) ♦*
	Мез	57,5 (55,0;62,0) ♦	66,0 (62,0;74,0)*	73,0 (69,3;78,0) ♦*
	Экт	61,0 (58,0;68,0)	66,0 (64,0;72,5)	72,0 (68,5;75,0) *
ЧСС, отказ. п/мин	Энд	195,0 (188,0;201,0)	199,0 (196,0;203,0)	197,0 (192,0;199,0)
	Мез	194,0 (186,0;199,0)	195,5 (191,0;199,0)	195,0 (192,0;198,0)
	Экт	188,0 (183,0;194,0)	191,0 (188,0;195,0)	193,0 (192,0;197,0) *
САД, фон, мм рт.ст.	Энд	135,0 (125,0;135,0)	128,5 (123,0;132,0)	128,0 (121,0;133,0)
	Мез	136,5 (127,0;139,0)	131,0 (120,0;139,0)	130,5 (125,0;135,0)
	Экт	129,5 (122,0;136,0)	132,0 (127,0;137,0)	126,0 (120,0;134,0)
САД, отказ, мм рт.ст.	Энд	180,0 (179,0;195,0)	179,0 (162,0;198,0)	173,0 (145,0;190,0)
	Мез	198,5 (190,0;201,0)	189,0 (172,5;193,5)	179,0 (172,0;188,0) *
	Экт	190,0 (180,0;207,0)	188,0 (180,0;200,0)	162,0 (160,5;188,0) *
ДАД, фон, мм рт.ст.	Энд	71,0 (70,0;85,0) ♦	68,0 (66,0;70,0) *	60,5 (60,0;65,0) ♦*
	Мез	72,0 (65,0;80,0) ♦	66,0 (65,0;70,0) *	61,5 (58,0;65,0) ♦*
	Экт	71,0 (65,0;80,0) ♦	68,0 (66,0;70,0) *	60,0 (58,0;62,0) ♦*
ДАД, отказ, мм рт.ст.	Энд	60,0 (40,0;82,0)	60,0 (59,0;73,0)	65,0 (57,0;73,0)
	Мез	51,5 (35,0;69,0)	71,0 (63,0;77,0)*	69,0 (62,0;74,0) *
	Экт	62,0 (50,0;73,0)	74,0 (67,0;77,0)	65,0 (61,0;70,0)
Ударный объём крови в покое, мл	Энд	68,6 (57,9;73,5)	71,9 (67,2;77,9)	78,9 (73,6;82,1) *
	Мез	71,8 (52,1;81,7)	76,9 (71,4;78,8)	81,2 (78,0;86,8) ♦*
	Экт	68,1 (60,8;77,4)	74,8 (69,6;76,9)	82,4 (77,6;83,4) ♦*
Ударный объём крови после максимальной ступенчатой нагрузки, мл	Энд	109,4 (85,0;140,3)	105,9 (87,7;110,7)	98,6 (92,8;112,1)
	Мез	128,0 (108,5;147,9)	98,7 (94,7;111,5) *	100,9 (92,7;108,9) *
	Экт	115,8 (105,2;136,9)	99,1 (89,9;110,2) *	101,9 (93,6;122,1)
Минутный объём крови в покое, л	Энд	4,2 (4,0;4,8) ♦	5,0 (4,8;5,1) *	5,8 (5,5;6,2) ♦*
	Мез	4,4 (3,1;4,5) ♦	5,0 (4,7;5,3) *	5,9 (5,7;6,2) ♦*
	Экт	4,2 (3,9;4,7)	4,9 (4,6;5,2) *	5,8 (5,4;6,0) ♦*
Минутный объём крови после максимальной ступенчатой нагрузки, л	Энд	22,0 (16,4;26,4)	20,3 (17,5;23,1)	19,0 (18,5;21,7)
	Мез	24,2 (21,1;27,5)	19,4 (17,8;22,1) *	19,2 (17,7;21,1) *
	Экт	21,7 (19,7;24,6)	19,9 (17,2;20,9)	19,6 (17,9;23,4)

*Примечание.* значимые различия относительно: ◆ –нормотонии; \* – ваготонии; ▲ – эндоморфного соматотипа; ■ – мезоморфного типа.

Еще больше различий выявилось после максимальной ступенчатой нагрузки. Если ЧСС при отказе достигла примерно одинаковых величин у юношей всех обследованных групп, то у ваготоников САД превысило показатели симпатотоников, а ДАД оказалось значимо ниже. При этом ударный и минутный объемы у юношей ваготонического типа всех соматотипов имели тенденцию (по отношению к нормотоникам) или достоверно (по сравнению с симпатотониками) превышали эти показатели в рамках каждого соматотипа.

Таким образом, по всем изучаемым показателям, характеризующим работу сердечно-сосудистой системы, выявились значимые различия между юношами разных вегетативных типов как в покое, так и после максимальной физической нагрузки, тогда как соматотипические различия в рамках каждого вегетативного типа практически не выявились.

При анализе эргометрических показателей в зависимости от вегетативного типа в рамках изученных соматотипов (табл.36) оказалось, что эктоморфы всех вегетативных типов по скорости тредбана в момент АНП и по времени его достижения имели более высокие значения, чем эндоморфы. Ваготоники всех соматотипов имели тенденцию, а мезоморфы достоверно достигали более высокой степени при достижении ЧСС170 и степени отказа, скорости полотна тредбана при отказе, выполненной суммарной работы и преодоленному расстоянию, особенно по сравнению с симпатотониками аналогичных соматотипов. Нормотоники по всем этим показателям занимали промежуточное положение. И только потеря массы тела значимо отличалась у юношей экто- и эндоморфного типов конституции в одной группе - у симпатотоников.

Таблица 36 –Эргометрические показатели юношей разных вегетативных типов в рамках каждого соматотипа после ступенчатого теста (Me (Q1-Q3))

Показатели	Соматотип	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Скорость полотна тредбана при ЧСС 170 уд/мин, км/ч	Энд	8,5 (8,0;10,0)	8,5 (8,0;10,0)	9,8 (8,0;10,1)
	Мез	10,0 (9,5;11,5)	10,0 (9,0;10,0)	9,0 (8,0;10,0) *
	Экт	▲ 10,8 (10,1;11,2)	▲ 10,0 (9,0;11,0)	▲ 10,0 (9,0;10,5)
Время достижения ЧСС 170, сек	Энд	360 (270;620)	360 (255;590)	345 (292;525)
	Мез	520 (480;640)	450 (375;600)	437 (270;615)
	Экт	▲ 675 (540;860)	▲ 617 (445;760)	▲ 600 (505;640)
Степень при ЧСС170	Энд	3,5 (2,0;6,0)	3,0 (2,0;4,5)	3,0 (2,0;4,5)
	Мез	4,5 (3,3;5,8)	3,0 (3,0;4,0)	3,0 (2,0;4,0) *
	Экт	5,0 (4,0;5,5)	4,0 (3,0;5,0)	4,0 (3,0;5,0)
Степень, отказ	Энд	7,0 (5,0;8,0)	5,0 (4,0;6,0)	6,0 (3,0;8,0)
	Мез	7,0 (6,0;8,0)	6,0 (5,0;7,0)	6,0 (5,0;7,0) *
	Экт	7,0 (7,0;8,0)	6,0 (5,0;7,0) *	7,0 (6,0;8,0)
Скорость полотна тредбана при отказе, км/ч	Энд	11,6 (11,0;13,0)	11,2 (10,0;14,0)	11,8 (10,1;12,8)
	Мез	13,1 (12,0;14,0)	13,0 (11,0;13,0)	12,0 (11,0;13,0) *
	Экт	13,3 (12,0;14,0)	12,0 (11,5;13,0)	13,0 (12,0;13,0)
Работа суммарная, кг*км	Энд	262 (148;394)	183 (154;232)	139 (103;223) *
	Мез	247 (191;312)	195 (129;286)	186 (145;236) *
	Экт	246 (221;324)	192 (153;225)	196 (180;249)
Преодоленное расстояние, м	Энд	3520 (2250;3800)	2250 (1700;2850)	1700 (1200;2850) *
	Мез	3325 (2850;4200)	2850 (1804;3500)	2850 (2250;3500)
	Экт	3500 (2850;4200)	2850 (2250;3500)	3366 (2850;3500)
Потеря массы тела в %	Энд	0,6 (0,5;0,7)	0,7 (0,4;1,0)	0,4 (0,3;0,5)
	Мез	0,7 (0,3;1,1)	0,7 (0,3;1,0)	0,9 (0,6;1,1)
	Экт	0,6 (0,4;1,0)	0,6 (0,5;0,8)	▲ 0,8 (0,7;1,2)

*Примечание.* значимые различия относительно: ◆ –нормотонии; \* – ваготонии; ▲ – эндоморфного соматотипа; ■ –мезоморфного соматотипа.

Следовательно, оценка эргометрических показателей при ступенчатом тестировании выявила влияние как соматотипа, так и в более значительной степени вегетативного типа на физическую работоспособность.

Далее рассмотрим изученные показатели в зависимости от вегетативного типа и типа функционального реагирования.

В рамках каждого вегетативного типа распределение юношей по типам функционального реагирования не имело значимых отличий и было примерно одинаковым (табл.37).

Таблица 37 –Распределение юношей разных типов функционального реагирования в рамках каждого вегетативного типа

Вегетативный тип	Тип функционального реагирования
Ваготония (31 чел.) 23%	Спринтер (10 чел.) 32% Микс (10 чел.) 32% Стайер (11 чел.) 35%
Нормотония (52 чел.) 38%	Спринтер (16 чел.) 30% Микс (18 чел.) 35% Стайер (18 чел.) 35%
Симпатикотония (53 чел.) 39%	Спринтер (17 чел.) 32% Микс (19 чел.) 36% Стайер (17 чел.) 32%

В то же время в рамках каждого вегетативного типа можно отметить небольшую тенденцию к преобладанию доли симпатотоников, особенно у спринтеров и микстов. Количество нормотоников приближалось или было равно доле симпатотоников, а доля ваготоников была во всех группах не более 25% (табл.38).

Таблица 38 –Распределение юношей разных вегетативных типов в рамках каждого типа функционального реагирования

Тип функционального реагирования	Вегетативный тип
Спринтер (43 чел.) 31%	В (10 чел.) 23% Н (16 чел.) 37% С (17 чел.) 40%
Микст (47 чел.) 35%	В (10 чел.) 21% Н (18 чел.) 38% С (19 чел.) 40%
Стайер (46 чел.) 34%	В (11 чел.) 24% Н (18 чел.) 39% С (17 чел.) 37%

Таким образом, при анализе распределения юношей по вегетативному типу и типу функционального реагирования не выявлено даже тенденции на какое-либо

соответствие вегетативного типа типу функционального реагирования и наоборот, в отличие от определенной взаимосвязи вегетативного типа и соматотипа.

Сравнение морфологических параметров юношей разных вегетативных типов в рамках каждого типа функционального реагирования показало, что индексы Кетле и Пинье юношей во всех группах практически не отличались (табл.39).

При этом, уровень кожно-жировых складок у ваготоников стайерского типа был достоверно меньше по сравнению с ваготониками спринтерами, тогда как мышечный индекс, наоборот, был значимо больше у стайеров ваготоников. Кистевая сила и выносливость не зависели от вегетативного типа, а определялись только типом функционального реагирования: так, кистевая сила у микстов и стайеров была достоверно меньше, чем у спринтеров всех вегетативных типов, а выносливость, наоборот, у стайеров она значимо превышала показатели микстов и спринтеров (табл.39).

Таблица 39 – Морфологические показатели и статическая работоспособность юношей разных вегетативных типов в рамках каждого типа функционального реагирования (Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип функцион. реагирован.	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Индекс Кетле	Сп	22,4 (20,9;24,0)	23,5 (21,4;24,7)	22,7 (21,4;25,9)
	М	20,8 (20,6;22,0)	21,7 (20,7;24,6)	22,4 (20,2;25,7)
	Ст	20,6 (20,1;21,7)	21,1 (19,4;24,5)	21,8 (20,0;23,1)
Индекс Пинье	Сп	23,5 (14,6;24,2)	17,1 (6,5;23,3)	20,5 (3,0;24,9)
	М	26,0 (22,6;31,2)	21,7 (10,0;30,2)	19,8 (4,9;32,7)
	Ст	27,5 (23,4;31,3)	25,7 (12,7;34,2)	22,1 (12,5;32,4)
Сумма складок, мм	Сп	106,6 (87,0;141,0)	115,0 (91,0;147,0)	98,0 (88,0;132,6)
	М	88,7 (74,0;101,0)	110,4 (89,0;128,5)	107,8 (81,0;193,0)
	Ст	▲ 71,0 (62,0;99,6)	91,0 (83,0;102,0)	99,0 (76,0;114,3)
Мышечный индекс	Сп	14,5 (12,5;18,3)	17,3 (14,0;18,6)	15,6 (12,3;19,4)
	М	15,8 (13,8;19,2)	14,0 (12,2;16,7)	17,0 (14,5;19,6)
	Ст	▲ 19,7 (17,0;23,1)	16,8 (14,8;20,0)	17,9 (14,8;19,2)
Кистевая сила, кг	Сп	51,5 (49,0;55,3)	54,9 (50,8;58,0)	52,3 (50,8;56,8)
	М	49,1 (47,8;51,4)	▲ 48,5 (44,0;51,0)	▲ 44,8 (42,8;50,4)

	Ст	■▲44,5 (39,5;46,3)	▲44,6 (39,3;48,5)	▲48,8 (39,0;50,0)
Выносливость, сек	Сп	■30,8 (24,8;35,3)	■29,5 (28,0;33,5)	■31,5 (25,5;35,0)
	М	▲39,8 (36,0;42,0)	▲37,5 (35,0;41,8)	▲40,0 (35,3;43,8)
	Ст	■▲51,0 (48,0;63,5)	■▲50,0 (46,5;57,0)	■▲53 (49,5;57,5)

*Примечание:* значимые различия относительно: ◆ - нормотонии; \* - ваготонии; ▲ – спринтеров; ■ – микстов.

Следовательно, анализ морфологических и силовых параметров выявил отсутствие значимых различий между вегетативными типами, однако в рамках функциональных типов прослеживались различия по морфологическим и силовым показателям, особенно выраженные у ваготоников.

Анализ состояния сердечно-сосудистой системы в покое и после максимальной нагрузки на тредбане у юношей разных вегетативных типов с учетом типа функционального реагирования показал, что индекс Кердо определял только вегетативный тонус и не зависел от типа функционального реагирования (табл.40). В состоянии покоя ЧСС, УО и МОК у ваготоников всех функциональных типов были значимо меньше, чем у нормотоников и, особенно, симпатотоников, тогда как ДАД было достоверно ниже. САД практически не отличалось между всеми группами вегетативного статуса и функционального типа. При отказе от нагрузки в состоянии максимального напряжения ЧСС вышел практически на одинаковые сопоставимые между группами значения. САД повысилось во всех группах, но у ваготоников в большей степени, чем у симпатотоников и нормотоников, а ДАД, наоборот, у ваготоников понизилось по сравнению с фоном, тогда как в других группах – не изменилось. Причем, между группами разного функционального реагирования различий практически не было. Физическая нагрузка приводила также к повышению УО и МОК во всех группах, причем, у ваготоников всех типов функционального реагирования в большей степени, чем у юношей других вегетативных типов. При этом различия между группами функционального реагирования практически отсутствовали. Нормотоники по изученным показателям занимали, как правило, промежуточное положение между ваго- и симпатотониками.

Таблица 40 – Показатели сердечно-сосудистой системы юношей разных вегетативных типов в рамках каждого типа реагирования (Ме (Q1-Q3))

Показатели	Тип функцион. реагирован.	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Индекс Кердо	Сп	-17,3 (-18,2; -15,0) ♦	4,9 (0,0;7,1) *	17,8 (14,3;21,1) ♦*
	М	-18,7 (-26,0; -13,8) ♦	0,0 (0,0;2,9) *	13,2 (11,0;20,4) ♦*
	Ст	■-11,2 (-17,6; -10,2) ♦	0,0 (-4,6;5,2)*	16,2 (12,8;17,8) ♦*
ЧСС, фон, п/мин	Сп	62,0 (57,0;64,0)	71,5 (70,0;75,0) *	74,0 (68,0;78,0) *
	М	59,0 (55,0;65,0) ♦	66,5 (65,0;70,0) *	76,0 (69,0;79,0) ♦*
	Ст	62,0 (58,0;66,0)	66,0 (63,0;75,0)	73,0 (69,0;77,0) *
ЧСС, отказ. п/мин	Сп	188,0 (186,0;195,0)	195,0 (190,0;200,0)	194,0 (189,0;198,0)
	М	193,5 (188,0;195,0)	194,0 (190,0;198,0)	195,5 (192,0;198,5)
	Ст	189,0 (186,0;201,0)	196,0 (190,0;200,0)	197,5 (193,5;198,0)
САД, фон, мм рт.ст.	Сп	135,0 (122,0;136,0)	131,0 (121,0;139,0)	130,0 (122,0;135,0)
	М	131,0 (122,5;139,5)	132,0 (126,0;137,0)	129,0 (122,0;134,0)
	Ст	130,0 (127,0;136,0)	127,5 (125,0;135,0)	129,0 (125,0;134,0)
САД, отказ, мм рт.ст.	Сп	190,0 (170,0;195,0)	188,0 (174,0;192,0)	176,5 (161,0;180,0)
	М	193,5 (185,0;199,0)	188,0 (174,5;198,0)	170,0 (161,0;188,0) *
	Ст	200,0 (180,0;207,0)	180,5 (166,5;195,5)	175,0 (161,0;191,0)
ДАД, фон, мм рт.ст.	Сп	70,0 (66,0;80,0)	68,0 (66,0;72,0)	60,0 (56,0;65,0) ♦*
	М	77,5 (68,5;85,0) ♦*	66,5 (65,0;70,0)*	62,0 (59,5;66,0) ♦*
	Ст	70,5 (64,0;75,0)	70,0 (65,0;71,0)	60,0 (60,5;64,5) ♦*
ДАД, отказ, мм рт.ст.	Сп	50,0 (44,0;72,0) ♦	70,0 (60,0;79,0)	69,5 (60,0;74,0)
	М	55,0 (46,0;72,0)	74,0 (60,0;77,0)	64,0 (61,0;72,0)
	Ст	63,0 (60,0;73,0)	71,0 (63,0;74,0)	69,0 (64,0;73,0)
Ударный объём крови в покое, мл	Сп	66,5 (57,9;79,6)	72,6 (67,2;79,5)	81,1 (78,0;86,8) ♦*
	М	60,6 (53,3;77,5)	76,5 (71,4;78,4) *	79,9 (75,2;83,2) *
	Ст	74,8 (65,3;81,8)	72,1 (65,7;77,2)	81,7 (75,0;85,8) ♦
Ударный объём крови после максимальной ступенчатой нагрузки, мл	Сп	115,8 (94,0;140,3)	100,3 (94,3;110,7)	97,7 (89,6;108,9) *
	М	115,9 (109,0;139,7)	101,9 (88,1;109,4) *	100,9 (94,3;111,6) *
	Ст	119,1 (105,2;136,9)	98,3 (88,8;112,7)	101,0 (93,6;122,1)
Минутный объём крови в покое, л	Сп	4,2 (3,9;4,5) ♦	5,1 (4,7;5,6) *	5,9 (5,6;6,2) ♦*
	М	3,7 (3,3;4,6) ♦	5,1 (4,7;5,2) *	5,9 (5,5;6,3) ♦*
	Ст	4,5 (4,1;4,8) ♦	4,9 (4,7;5,0)*	5,8 (5,7;6,1) ♦*
Минутный объём крови после максимальной	Сп	21,8 (17,8;26,4)	19,5 (18,9;22,6)	18,6 (17,4;21,7)
	М	21,8 (21,1;26,5) ♦	19,4 (17,4;21,2)	19,9 (18,7;21,4)

ступенчатой нагрузки, л	Ст	22,1 (19,7;24,6)	19,8 (17,1;21,9)	19,5 (17,9;23,4)
-------------------------	----	------------------	------------------	------------------

*Примечание:* значимые различия относительно: ♦ - нормотонии; \* - ваготонии; ▲ – спринтеров; ■ – микстов.

Таким образом, реакция сердечно-сосудистой системы на максимальную физическую нагрузку в большей степени зависела от вегетативного типа, чем от типа функциогнального реагирования.

При оценке резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и эргометрических показателей (табл.41) оказалось, что у ваготоников спринтеров скорость полотна тредбана при достижении анаэробного порога превышала аналогичный показатель симпатотоников, тогда как время достижения этого порога у юношей данных вегетативных групп было одинаково, а у симпатотоников микстов и стайеров - меньше, чем у ваготоников аналогичных групп функционального реагирования. Зато ваготоники всех функциональных типов достигали более высоких ступеней при ЧСС170 и отказе, более высокой скорости тредбана при анаэробном пороге, преодоленному расстоянию и выполненной работы по сравнению с симпатотониками. Среди юношей с промежуточным типом функционального реагирования симпатотоники уступали юношам ваготонического типа по характеристикам аэробной работоспособности. Тем не менее потеря массы тела у ваготоников была меньше, чем у симпатотоников. Нормотоники демонстрировали промежуточные показатели по большинству исследованных параметров.

Миксты с преобладанием симпатикотонии характеризовались наименьшими результатами среди всех групп, тогда как юноши с преобладанием ваготонии имели высокий потенциал работоспособности и резервных возможностей организма.

Таблица 41 – Эргометрические показатели юношей разных вегетативных типов в рамках каждого типа реагирования (Me (Q1-Q3))

Показатели	Тип функцион. реагирован.	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
------------	---------------------------	-----------	------------	----------------

Скорость полотна тредбана при ЧСС 170 уд/мин, км/ч	Сп	10,0 (9,0;11,0) ♦	9,0 (8,0;10,0)	9,5 (9,0;10,0)
	М	10,3 (9,3;11,0)	9,8 (9,0;11,0)	9,0 (8,0;10,0) *
	Ст	10,5 (10,0;13,0)	10,0 (9,0;11,0)	10,0 (9,0;11,0)
Время достижения ЧСС 170, сек	Сп	480 (430;640)	437 (340;600)	■510 (440;615)
	М	585 (492;777)	452 (375;615)	300 (250;500) ♦*
	Ст	665 (540;945)	585 (330;700)	■540 (410;770)
Степень при ЧСС170	Сп	4,0 (3,5;5,5)	3,0 (3,0;4,0)	3,5 (3,0;4,0)
	М	5,0 (3,3;5,3)	4,0 (3,0;4,5)	2,0 (2,0;3,0) *
	Ст	5,0 (4,5;7,0)	4,0 (2,5;5,0)	■5,0 (3,0;5,0)
Степень при отказе	Сп	7,0 (6,0;8,0)	5,5 (5,0;7,0)	■6,0 (6,0;7,0)
	М	8,0 (6,0;8,0)	6,0 (5,0;7,0)	5,0 (4,0;6,0) *
	Ст	8,0 (7,0;9,0)	6,0 (4,5;7,0)	■7,0 (6,0;8,0)
Скорость полотна тредбана при отказе, км/ч	Сп	13,0 (12,0;14,0)	11,0 (11,0;13,0)	■12,0 (12,0;13,0)
	М	13,1 (12,0;14,0)	12,0 (11,0;13,0)	11,0 (10,0;12,0) *
	Ст	13,3 (12,0;14,0)	12,0 (11,0;13,0)	■13,0 (12,0;14,0)
Работа суммарная, кг*км	Сп	226 (221;312)	192 (162;286)	■198 (182;254)
	М	257 (192;302)	174 (149;238)	162 (132;186) *
	Ст	254 (230;328)	186 (148;240)	■211 (145;258)
Преодоленное расстояние, м	Сп	2900 (2450;3600)	2400 (2250;3500)	■2800 (2350;3400)
	М	3765 (2750;4200)	2592 (1804;3500)	1995 (1471;2600) *
	Ст	3510 (3150;4500)	2800 (1700;3500)	■2950 (2250;3500)
Потеря массы тела в %	Сп	0,5 (0,5;1,0)	0,7 (0,6;1,1)	0,9 (0,5;1,1)
	М	0,5 (0,4;1,0)	0,7 (0,4;0,9)	0,6 (0,5;0,9)
	Ст	0,6 (0,6;0,9)	0,6 (0,3;0,7)	0,8 (0,5;1,0)

*Примечание:* значимые различия относительно: ♦ - нормотонии; \* - ваготонии; ▲ – спринтеров; ■ – микстов.

Результаты этого раздела работы свидетельствуют, что вегетативный тонус оказывает существенное влияние на проявление функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы как в покое, так и при нагрузках, связан в определенной степени с соматотипом и типом функционального реагирования, что дает основание для их совместного использования, особенно при изучении физической работоспособности и резервных возможностей организма.

### 3.6. Корреляционно-регрессионный анализ индивидуально-типологических показателей, влияющих на физическую работоспособность юношей

Для выявления связи между морфофункциональными показателями и типологическими характеристиками обследованных, а также оценки их вклада в обеспечение физической работоспособности необходимо было выполнить корреляционно-регрессионный анализ. Для корреляционного анализа использовали результаты ступенчатой тредбанометрии.

На первом этапе (табл. 42, 43) выполнен анализ взаимосвязей между морфофункциональными показателями и типами морфологической и функциональной конституции.

Таблица 42 – Результаты корреляционного анализа между морфофункциональными показателями и соматотипическими признаками

Показатели	Соматотип, балл		
	Эндоморфия	Мезоморфия	Эктоморфия
Сумма жировых складок, мм	0,97	0,59	-0,62
Окружность голени, см	0,66	0,65	-0,57
Окружность плеча в напряжении, см	0,53	0,74	-0,66
Индекс Кетле	0,77	0,81	-0,81
Индекс Пинье	-0,75	-0,78	0,75
Мышечный Индекс	-0,40	-	-
Индекс Кердо	-	0,18	-
Кистевая сила, кг	-	0,19	-0,15
Выносливость, сек	-0,19	-0,24	0,20
Пройденное расстояние, м	-0,33	0,16	-
ЧСС отказа, уд/мин	0,24	0,17	-0,22
ДАД при отказе, мм рт.ст.	-	0,17	-
Потеря массы тела, кг	-	0,20	-0,25
Скорость при АнП, км/ч	-0,45	-0,28	0,32
Скорость при отказе, км/ч	-0,45	-0,23	0,23

*Примечание.* Представлены только значимые корреляционные связи между показателями

Анализ результатов табл. 42 позволяет сделать вывод, что показатель суммы кожно-жировых складок на теле имел отрицательную взаимосвязь с эктоморфией и положительную – с эндоморфией и мезоморфией.

Окружности голени и плеча имели сильные положительные связи с мезо- и эндоморфией и отрицательные с эктоморфией.

Наиболее сильные связи обнаружены между соматотипом и расчетными показателями, характеризующими особенности телосложения (ИК, ИП), а также суммой кожно-жировых складок. Причем, если у эндо- и мезоморфного соматотипов связь с ИК положительная, а с ИП отрицательная, то у эктоморфов эти отношения противоположные. Понятно, что при практически одинаковом росте юношей разных соматотипов эти связи обусловлены главным образом разной массой тела обследуемых.

Показатель МИ имел значимую отрицательную связь только с предиктором эндоморфии, а между вегетативным показателем - индексом Кердо и мезоморфией выявлена слабая прямая зависимость.

Между величиной эндоморфии и значением кистевой силы не выявлено значимой взаимосвязи, при этом, результат кистевого жима юношей положительно коррелировал с мезоморфией и отрицательно - с эктоморфией. Вместе с тем, предиктор эктоморфии положительно коррелировал с выносливостью, а эндо- и мезоморфия - отрицательно.

Показатель максимальной ЧСС у юношей отрицательно коррелировал с эктоморфией и положительно - с эндо и мезоморфией. Эти данные еще раз свидетельствуют о более высоких резервных возможностях сердечно-сосудистой системы и продуктивности на тредбане у юношей эктоморфного типа по сравнению с эндо- и мезоморфами.

Преодоленное юношами расстояние обратно коррелировало с эндоморфией, а мезоморфия имела хоть и слабую, но положительную связь.

Показатели скорости при АнП и отказе имели значимые положительные связи только с эктоморфией, при этом предикторы эндо- и мезоморфии отрицательно коррелировали с этими параметрами. Показатели мезоморфии положительно, а эктоморфии были отрицательно связаны с потерей массы тела при выполнении физической нагрузки.

Таким образом, анализ корреляционных взаимосвязей показал, что для характеристики соматотипа наиболее важную роль играют следующие морфологические показатели: сумма жировых складок, окружности плеча и голени, индексы Кетле и Пинье, причем, с противоположным влиянием для эктоморфов и эндо-мезоморфов, что позволяет их использовать для объективизации соматотипа. Выявленные корреляционные связи подтвердили полученные ранее экспериментальные данные о более высоких функциональных резервных возможностях, особенно сердечно-сосудистой системы, у эктоморфов по сравнению с эндо- и мезоморфами.

Таблица 43 – Результаты корреляционного анализа между морфофункциональными показателями и типом функционального реагирования

Показатели	Тип функционального реагирования, балл		
	Спринтер	Микст	Стайер
Эндоморфия	-	-	-
Мезоморфия	0,18	-	-
Эктоморфия	-	-	-0,17
Индекс Кетле	-	-	0,27
Индекс Пинье	-	-	-0,24
Окружность плеча в напряжении, см	-	-	0,44
ЧСС при АнП, уд/мин	-0,49	-	-
ЧСС отказа, уд/мин	-0,36	-0,26	-
САД, фон, мм рт.ст.	-	-0,35	-
Пройденное расстояние, м	-	0,33	-
Выполненная работа, кг/м	-	0,36	-
Скорость при АнП, км/ч	-	0,41	-
Скорость при отказе, км/ч	-	0,43	-

*Примечание.* Представлены только значимые корреляционные связи между показателями

По результатам корреляционного анализа видно, что эндоморфный соматотип не коррелировал с типами функционального реагирования, тогда как мезоморфия положительно связана со спринтерским типом, а эктоморфия – отрицательно взаимосвязана со стайерским функциональным типом.

Взаимосвязь морфологических параметров с типом функционального реагирования выражена слабее, чем с соматотипом, кроме слабой связи интегральных показателей: индексы Кетле - положительно, а Пинье - отрицательно коррелировали только со стайерским типом реагирования и не были взаимосвязаны с микстами и спринтерами.

Окружность плеча в напряжении и кистевая сила были прямо пропорционально связаны со стайерским типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата, при этом отмечалось повышение силы связи в направлении от спринтеров к стайерам. Показатель выносливости отрицательно коррелировал со всеми типами функционального реагирования, и только у микстов сила связи между выносливостью и силой была более сбалансированной.

Частота пульса при выполнении физической нагрузки в момент АНП и отказа положительно коррелировала со спринтерским типом, что свидетельствует о более низких функциональных резервах ССС этих юношей, проявившихся при выполнении физической нагрузки.

Среди функциональных типов только миксты показали прямую связь с повышением работоспособности при выполнении нагрузочного тестирования.

Следовательно, корреляционных взаимосвязей между морфо-функциональными показателями и типами функционального реагирования как в покое, так и при выполнении физической нагрузки оказалось значительно меньше, чем между соматотипами и морфофункциональными параметрами.

Для оценки вклада значимых факторов в результирующие показатели физической работоспособности были построены уравнения регрессии.

Таблица 44 – Стандартизированные бета коэффициенты уравнений множественной регрессии, характеризующие отношения между эргометрическими проявлениями физической работоспособности и морфофункциональными показателями (все показатели достоверны).

Регрессоры (Б)	Зависимая переменная (R <sub>2</sub> )			
	Расстояние (0,87)	Работа (0,73)	Скорость при АнП (0,77)	Скорость при отказе (0,87)
Эндоморфия	<b>-0,10</b>	-	<b>-0,12</b>	<b>-0,15</b>
Мезоморфия	<b>0,17</b>	-	-	-
Эктоморфия	-	-	<b>0,11</b>	-
Кистевая сила	-	<b>0,18</b>	-	-
ЧСС при АнП	<b>-0,32</b>	-	<b>0,28</b>	-
ЧСС при отказе	-	-	<b>-0,32</b>	-
ДАД при отказе	<b>-0,16</b>	<b>-0,20</b>	-	-
Работа	-	-	-	<b>0,20</b>
Расстояние	-	-	-	<b>0,27</b>
Потеря массы тела	<b>0,36</b>	<b>0,42</b>	-	<b>-0,16</b>
Скорость при АнП	-	-	-	<b>0,56</b>
Скорость при отказе	<b>0,62</b>	<b>0,64</b>	<b>0,64</b>	-

*Примечание:* Б – стандартизированный бета коэффициент (позволяет оценить влияние каждого из показателей на общий результат); R<sub>2</sub> – скорректированный коэффициент детерминации показывает совокупность изучаемых в уравнении показателей, которые объясняют их суммарный вклад в зависимый фактор; - – показатель не участвовал или не преодолел порог значимости в уравнении регрессии.

Множественный регрессионный анализ показал, что скорость при отказе в значительной степени объясняет скорость при АнП, величину преодоленного расстояния и объем выполненной работы, т. е. те показатели, которые в большой степени характеризуют результативность тестирования. Негативный вклад в обеспечении скорости при отказе вносят эндоморфный соматотип и потеря массы тела при выполнении нагрузки.

Показатель скорости тредбана, достигаемой при анаэробном пороге, характеризующий вклад аэробных источников для энергообеспечения мышечной работы, зависел от максимальной скорости, эктоморфии и ЧСС при АНП, при этом максимальная ЧСС и эндоморфия понижали прогноз аэробной работоспособности.

При анализе суммарной мышечной работы и влияющих на нее факторов видно, что функциональный показатель ДАД после отказа негативно отражался на прогнозе физической работоспособности. При этом, помимо тесной прямой зависимости от достигнутой скорости при отказе, отмечалось значимое положительное влияние кистевой силы на объем выполненной работы на тредбане и, соответственно, уровень функциональных резервов организма.

Оценка роли факторов, влияющих на преодоленное расстояние, показала, что скорость и ДАД при отказе, потеря массы тела как и при оценке влияния этих факторов на суммарную мышечную работу, а также ЧСС при АНП, обеспечивают наибольший вклад в достижение данного результата. Функциональный показатель ДАД после отказа негативно отражался на прогнозе результативности.

Негативная роль компонента эндоморфии отразилась практически на всех показателях, характеризующих функциональные резервы. В то же время мезоморфия вносила значимый вклад в преодоленное расстояние, а эктоморфия положительно влияла на достигаемую во время АНП скорость тредбана.

Таким образом, скорость при отказе оказалась тем фактором, который в большей степени определял суммарную мышечную работу, величину преодоленного расстояния и скорость в момент перехода на анаэробные источники энергии, тогда как другие морфологические и функциональные показатели оказывали меньшее влияние на данные результаты.

Тип морфологической конституции и ряд функциональных параметров, характеризующих мышечную силу, скорость и функцию сердечно-сосудистой системы оказывали влияние на величину физической работоспособности, в то время как тип функционального реагирования не вносил значимого вклада в результирующие показатели работоспособности (отсутствие достоверных связей).

Следовательно, соматотип, в отличие от типа реагирования, является более прогнозируемым предиктором для оценки физической работоспособности юношей. Однако следует отметить, что только взаимосвязанные между собой эргометрические и функциональные показатели могут в полной мере отражать вклад в величину выполненной работы.

Важное значение для выполнения физической работы имеют также концентрации глюкозы и лактата в крови, а также их вклад в обеспечение аэробно-анаэробных процессов. Поэтому далее мы рассмотрели корреляционные взаимосвязи биохимических показателей с результатами эргометрического ступенчатого тестирования у всех юношей. В связи с небольшой выборкой участников, у которых забиралась периферическая кровь, мы проанализировали без привязок к типологическим особенностям.

Таблица 45 – Значимые корреляционные связи между биохимическими маркерами и эргометрическими результатами тестирования юношей.

Эргометрические показатели	Биохимические показатели			
	Лактат макс	Глюкоза макс	Глюкоза/ Лактат макс	Лактатный вклад
Скорость при АнП	-0,39	-	0,42	-0,43
Скорость при отказе	0,55	-	-0,50	0,42
Пройденное расстояние	0,59	0,41	-0,51	0,49
Выполненная работа	0,53	0,66	-0,36	0,64

*Примечание.* Представлены только значимые корреляционные связи между показателями

Как видно из табл.45, такой функциональный параметр как скорость при АнП отрицательно зависел от концентрации лактата и лактатного вклада, однако положительно от глюкозо-лактатного баланса, в то время как эргометрические показатели, характеризующие физическую работоспособность, наоборот, имели значимые обратные связи с глюкозо-лактатным соотношением и положительные с

остальными рассматриваемыми биохимическими маркерами, кроме глюкозы, финальные концентрации которой не коррелировали со скоростью тредбана при АНП и во время отказа, однако были положительно связаны с проделанной работой и преодоленным расстоянием за время теста.

Это указывает на то, что высокий уровень работоспособности юношей зависит от концентраций глюкозы, лактата, отражающих аэробно-анаэробные процессы энергообеспечения мышечной активности. Поэтому их изучение в процессе выполнения физических нагрузок имеет значимое прогностическое значение, что было продемонстрировано результатами изучения лактатного вклада при выполнении физических нагрузок в зависимости от соматотипов, типов функционального реагирования и вегетативного тонуса.

Резюмируя результаты главы, можно заключить, что юноши с разным соматотипом имели достоверно выраженные отличия по морфологическим показателям у эндоморфов по сравнению с эктоморфами, показателям силы и выносливости у мезоморфов и эктоморфов, и больший вклад анаэробных процессов у эндоморфов по сравнению с эктоморфами. Мезоморфы по большинству этих показателей занимали промежуточное положение. Динамика глюкозо-лактатной взаимосвязи у юношей с разным типом реагирования показала весомый вклад процессов анаэробного гликолиза в обеспечении работоспособности мышц у спринтеров, а окислительного фосфорилирования - у стайеров. Миксты по многим показателям в покое и реагировании занимали промежуточное положение. После максимальной нагрузки выявлено повышение концентрации продуктов распада белков в крови (креатинина, креатинфосфокиназы и мочевины), что может свидетельствовать о частичном разрушении мышечных волокон, в большей степени у стайеров, вероятно, из-за большей работы, которую выполняли юноши стайерского типа. Функциональные резервы юношей разных индивидуально-типологических характеристик имели ряд значимых отличий, которые мы оценивали по следующим критериям: максимальной скорости тредбана, достигнутой в результате

тестирования, преодоленному расстоянию, величине мышечного напряжения за период теста, степени прироста ЧСС после нагрузки, времени наступления анаэробного порога после начала тестирования, величине прироста лактата в крови, степени нарушения гомеостатических показателей при выполнении теста и величине потери массы тела. У юношей с разными типологическими характеристиками ступенчатая тредбанометрия позволила обнаружить более отчетливое различие в динамике показателей, характеризующих физическую работоспособность, чем постепенно нарастающая (рамп) нагрузка, при сравнительно одинаковых функциональных нагрузках на сердечно-сосудистую систему. Соматотип выявлял большие различия в реакциях организма на нагрузку, чем тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Это может служить основанием для первоочередного использования соматотипа как ключевого предиктора в оценке резервных возможностей организма у юношей. Экторморфы имели в своем составе больше стайеров, мезоморфы - спринтеров, тогда как среди представителей эндоморфного соматотипа было примерно одинаковое распределение обследуемых по типу функционального реагирования. Юноши эндоморфного соматотипа уступали по относительному объему выполненной работы и количеству пройденных ступенек до отказа обследуемым мезоморфного и, особенно, эктоморфного соматотипов. Юноши спринтерского и стайерского типов функционального реагирования всех соматотипов показали более высокие результаты физической работоспособности по сравнению с микстами. Стайеры мезо- и эктоморфного соматотипов на энергетическом уровне выделялись относительно эндоморфного соматотипа и остальных групп реагирования более высоким резервом и вкладом аэробных механизмов при выполнении физической работы. Корреляционно-регрессионный анализ показал, что соматотип, в отличие от типа реагирования, является более прогнозируемым предиктором для оценки физической работоспособности юношей.

## ГЛАВА 4. АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ И НЕГАТИВИЗМА

Среди психофизиологических показателей, изученных нами, только уровень стрессоустойчивости (S) и негативизма (N) имели значимые корреляционные связи с суммарной выполненной мышечной работой за время ступенчатого теста (S  $r=0,44$ ;  $p=0,02$ ) (N  $r=-0,64$ ;  $p=0,00$ ) и с приростом в капиллярной крови концентраций глюкозы (S  $r=-0,28$ ;  $p=0,07$ ) (N  $r = -0,41$ ;  $p=0,03$ ) и лактата (S нет связи) ( N  $r=-0,55$ ;  $p=0,001$ ).



Рисунок 8. Корреляционная плеяда морфофункциональных, биохимических и психофизиологических показателей, значимо влияющих на физическую работоспособность

К тому же, недавние исследования показали, что функциональное состояние центральной нервной системы студентов технического колледжа, характеризующееся выраженной нервно-психической напряженностью, повышенной утомляемостью, замедленным вниманием и сниженной концентрацией, приводит к уменьшению физической работоспособности (Кошкарова Н.И. и др., 2024).

Это свидетельствует о важности учета стрессоустойчивости и негативизма как одних из предикторов физической работоспособности.

#### ***4.1. Морфофункциональные показатели юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма***

В таблице 46 представлены морфофункциональные характеристики юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма как в условиях покоя, так и после выполнения степ-теста. Как видно, при понижении уровня стрессоустойчивости отмечалась тенденция к росту степени негативизма, и, наоборот, повышение негативизма сопровождалось тенденцией к снижению уровня стрессоустойчивости, что свидетельствует о взаимосвязи указанных характеристик ( $r = -0,78$ ).

Однако в обеих группах ряд морфофункциональных показателей: индекс Кетле, мышечный индекс, сумма кожно-жировых складок, ЧСС в покое и при достижении анаэробного порога, САД и ДАД в покое, В то же время по мере снижения стрессоустойчивости и роста негативизма отмечалась выраженная тенденция или достоверное уменьшение крепости телосложения (индекс Пинье возрастал) и кистевой силы. Вероятно, это в определенной степени сказалось на уровне физической работоспособности: параллельно этим изменениям происходило снижение пройденного расстояния на тредбане, суммарной выполненной работы, ступени, на которой возникал отказ от продолжения движения, и, соответственно, потери массы тела. Особенно выраженные отличия выявились между крайними

Таблица 46 – Морфофункциональные показатели юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма  
(Me (Q1-Q3))

Показатель	Уровень стрессоустойчивости			Уровень негативизма		
	Низкий (n =9)	Средний (n =11)	Высокий (n =7)	Низкий (n =8)	Средний (n=12)	Высокий (n =7)
Стрессоустойчивость, балл	43,0 (40,0;45,0) ■	36,0 (32,0;37,0) ▲	26,0 (25,0;29,0) ■▲	30,0 (28,0;37,0)	36,0 (31,0;40,0)	41,0 (40,0;41,0)
Негативизм, балл	3,0 (3,0;4,0)	2,0 (1,0;3,0)	1,0 (0;2,0) ▲	0,5 (0;1,0) ■	2,0 (2,0;3,0) ▲	5,0 (4,0;5,0) ▲■
Индекс Кетле	20,6 (19,6;22,5)	21,6 (20,6;24,3)	22,8 (20;25,4)	22,9 (22,0;24,0)	22,0 (20,0;24,0)	20,8 (20,7;25,0)
Индекс Пинье	32,7 (23,8;35,6)	29,7 (16,6;33,2)	20,6 (-1,0;23,0) ▲	21,1 (16,1;23,1)	27,3 (17,4;33,2)	32,7 (10,0;34,5)
Мышечный индекс	16,3 (9,2;19,7)	17,0 (14,0;19,0)	15,4 (14,5;19,2)	16,0 (12,0;19,0)	16,0 (12,5;19,4)	16,7 (16,3;18,8)
Сумма кожно-жировых складок, мм	94,5 (77,0;160,0)	91,0 (86,0;119,0)	121,0 (89,0;167,0)	117,0 (90,0;131,0)	93,0 (85,0;160,6)	93,8 (71,0;163,0)
Кистевая сила, кг	45,8 (39,0;46,8)	48,5 (44,0;51,2)	53,5 (51,5;57,5) ▲	51,0 (46,3;55,5)	50,0 (44,3;52,5)	46,2 (39,0;48,0) ▲
ЧСС в покое, уд/мин	66,0 (62,0;76,0)	73,0 (68,0;76,0)	72,0 (70,5;78,0)	71,0 (69,0;74,0)	71,0 (65;76)	70,0 (67,0;76,0)
ЧСС при лактате 4 ммоль/л (АнП)	177,0 (173,0;177,0)	180,0 (174,0;185,0)	174,0 (167,0;177,0)	174,0 (169,0;177,0)	177,0 (173;181)	174,0 (173,0;177,0)
ЧСС при отказе	189,0 (184,0;196,0)	198,0 (193,0;205,0)	195,0 (188,0;200,0)	196,5 (190,0;201,0)	195,5 (190,0;201,0)	187,0 (183,0;194,0)
Скорость при АнП и отказе, км/ч	10,5 (10,0;11,0) 13,0 (12,0;13,5)	10,0 (9,0;10,5) 13,6 (12,0;15,0)	11,0 (9,0;10,5) 14,0 (13,0;15,0) ▲	10,3 (8,8;11,3) 14,0 (13,4;14,2)	10,0 (9,5;11,0) 13,5 (12,5;14,0)	10,0 (8,5;10,5) 11,0 (11,0;13,0) ▲■
Степень отказа	8,0 (7,0;8,0)	9,0 (7,0;10,0)	9,0 (8,0;9,0)	9,0 (8,5;9,0)	8,0 (8,0;9,0)	6,0 (6,0;8,0) ▲■
Пройденное	3800	4500	4500	4725	4200	2550

расстояние, м	(3150; 4000)	(3150; 5250)	(4200; 5040) ▲	(4150; 5145)	(3800; 4650)	(2500; 3366) ▲■
Суммарная мышечная работа, кг*км	235 (189; 295)	297 (245; 356) ▲	373 (324; 432) ▲	364 (342; 396)	299 (260; 323)	189 (177; 232) ▲■
Потеря массы тела, кг/ %	0,5 (0,4;0,7)	0,5 (0,5;0,8)	0,8 (0,5;1,6)	0,8 (0,7;0,8)	0,6 (0,5;0,7)	0,5 (0,4;0,6)
	0,7 (0,6;0,9)	0,9 (0,6;1,1)	1,0 (0,7;2,1)	0,9 (0,8;1,1)	0,8 (0,7;0,9)	0,62 (0,5;0,7)

*Примечание: в данной серии начальная скорость тредбана составляла 6 км/ч.; здесь и далее: достоверные отличия относительно:*

■ – среднего; ▲ – низкого уровня; \* – фона;

группами – юношами с низким и высоким уровнями стрессоустойчивости и негативизма, тогда как обследуемые со средним уровнем занимали промежуточное положение.

Таким образом, юноши с высоким уровнем негативной реакции и низким уровнем стрессоустойчивости имели тенденцию или достоверно более низкие морфофункциональные показатели по сравнению с обследуемыми со средней и, особенно, с низкой степенью выраженности этих психологических качеств, что, вероятно, и приводило к пониженному уровню их физической работоспособности. Высокий уровень негативизма являлся также причиной более раннего отказа от выполнения нагрузки.

#### ***4.2. Глюкозо-лактатные параметры юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в динамике выполнения физической нагрузки на тредбане***

Как видно из таблицы 47, концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма между группами и внутри них значимо не отличалась ни на одной ступени тестирования, однако во время отказа фиксировали тенденцию к повышенному приросту концентрации субстрата у юношей с низкими уровнями негативизма и высокой устойчивостью к стрессу по сравнению со студентами с другими уровнями выраженности этих психологических характеристик.

Концентрация лактата в крови достоверно изменялась внутри каждой группы в динамике тестирования по мере перехода на каждую следующую ступень тредбана. При отказе концентрация лактата достоверно превышала фоновые показатели у всех обследуемых, но в большей степени у юношей с высоким уровнем стрессоустойчивости и низким негативизмом, чем со средним и высоким уровнями.

Таблица 47 - Глюкозо-лактатные параметры юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в динамике выполнения физической нагрузки на тредбане (Me (Q1-Q3))

Концентрация, мМ/л	Уровень стрессоустойчивости			Уровень негативизма		
	Низкий	Средний	Высокий	Низкий	Средний	Высокий
глюкозы (фон)	4,46 (4,28;4,56)	4,64 (4,52;4,71)	4,47 (4,39;4,71)	4,50 (4,38;4,69)	4,56 (4,9;4,74)	4,52 (4,28;4,56)
глюкозы при отказе	5,13 (4,88;5,54)	5,03 (4,45;5,98)	5,71 (5,43;6,82) *	5,71 (4,92;6,85) *	5,39 (4,68;5,74) *	4,75 (4,46;5,15) ▲
глюкозы спустя 10 мин.	5,04 (4,54;5,43)	5,30 (4,50;5,96) *	5,26 (5,03;6,07) *	5,47 (5,15;5,99) *	5,26 (4,53;5,75) *	4,56 (4,32;5,18)
лактата (фон)	1,80 (1,43;2,19)	2,15 (1,65;2,34)	1,87 (1,47;2,32)	2,12 (1,71;2,35)	1,96 (1,64;2,14)	2,19 (1,56;2,29)
лактата при отказе	6,97 (6,24;10,13) *	9,94 (7,53;12,56) *	12,28 (9,46;13,77) *	12,95 (10,26;13,92) *	9,50 (7,56;11,80) *	6,23 (5,34;6,96) *▲
лактата спустя 10 мин.	3,94 (3,11;6,64) *	6,14 (3,55;9,12) *	6,76 (5,54;9,77) *	7,32 (6,13;10,16) *	5,92 (3,44;7,97) *	3,52 (2,99;4,19) ▲
Лактатный вклад (EaiLa), кДж	26,22 (17,94;29,32)	33,63 (26,36;46,40)	51,94 (36,77;58,42) ▲	52,62 (39,79;58,97)	31,52 (27,11;46,69)	17,98 (10,65;21,54) ▲■

Примечание: обозначения те же, что в табл. 46

Таблица 48 – Лактатный вклад юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в динамике выполнения физической нагрузки на тредбане (относительно фона) (Me (Q1-Q3))

Лактатный вклад	Уровень стрессоустойчивости			Уровень негативизма		
	Низкий (n =9)	Средний (n =11)	Высокий (n =7)	Низкий (n =8)	Средний (n=12)	Высокий (n =7)
1 ст	3,38 (1,10;5,68)	4,32 (2,15;5,29)	2,57 (2,51;4,50)	3,82 (2,55;4,89)	2,84 (1,03;4,85)	3,83 (2,17;5,57)
2 ст	*0,17 (-1,33;1,21)	*0,68 (-2,23;2,07)	2,89 (-2,68;3,39)	2,31 (-0,79;3,55)	*0,03 (-2,23;1,29)	0,17 (-0,82;0,28)
3 ст	1,65 (0,99;2,09)	2,55 (-1,26;5,47)	4,35 (-1,57;6,13)	4,01 (0,48;7,42)	1,43 (-1,26;3,09)	1,65 (0,99;1,78)
4 ст	4,81 (3,38;6,07)	5,10 (1,44;8,16)	7,20 (-0,98;8,96)	6,40 (2,37;10,32)	5,22 (1,44;6,62)	3,38 (2,96;5,15)
5 ст	*8,23 (5,64;8,83)	*7,73 (4,41;11,26)	11,11 (0,65;14,74)	9,88 (6,01;14,09)	*7,77 (4,41;10,78)	5,64 (4,90;9,93)
6 ст	*13,62 (9,03;17,95)	*11,37 (4,46;16,60)	*15,97 (6,63;23,26)	*14,71 (11,64;21,19)	*11,50 (4,46;16,55)	*17,95 (8,29;19,04)
7 ст	*22,63 (17,34;26,23) (n =6)	*19,24 (14,44;22,66) (n =9)	*24,28 (14,71;30,71)	*25,76 (21,52;30,62)	*19,24 (14,44;23,98) (n =11)	-
8 ст	*29,30 (27,13;46,61) (n =5)	*27,44 (24,42;29,09) (n =8)	*36,75 (13,16;56,33)	*31,27 (28,93;56,33) (n =7)	*27,44 (24,42;35,75) (n =10)	-
9 ст	-	*39,13 (21,06;46,39) (n =6)	*51,92 (23,75;52,18) (n =5)	*49,29 (44,62;52,94) (n =6)	*28,69 (21,06;51,92) (n =6)	-

Примечание. \* – значимые различия относительно фона

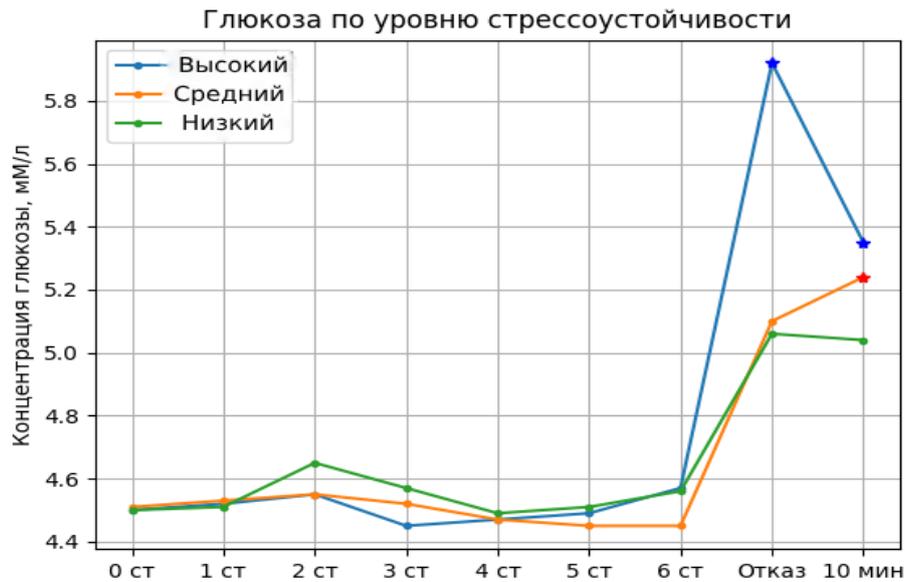


Рисунок 9. Концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости на различных этапах нагрузочного тестирования.

*Примечание:* обозначения как на рис.3

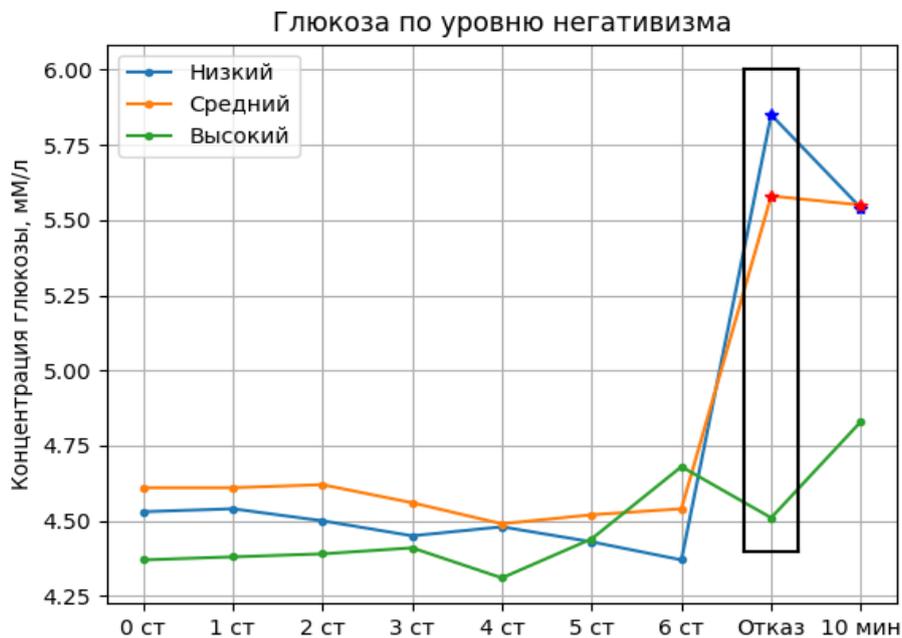


Рисунок 10. Концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей с разным уровнем негативизма на различных этапах нагрузочного тестирования.

*Примечание:* обозначения как на рис.4.

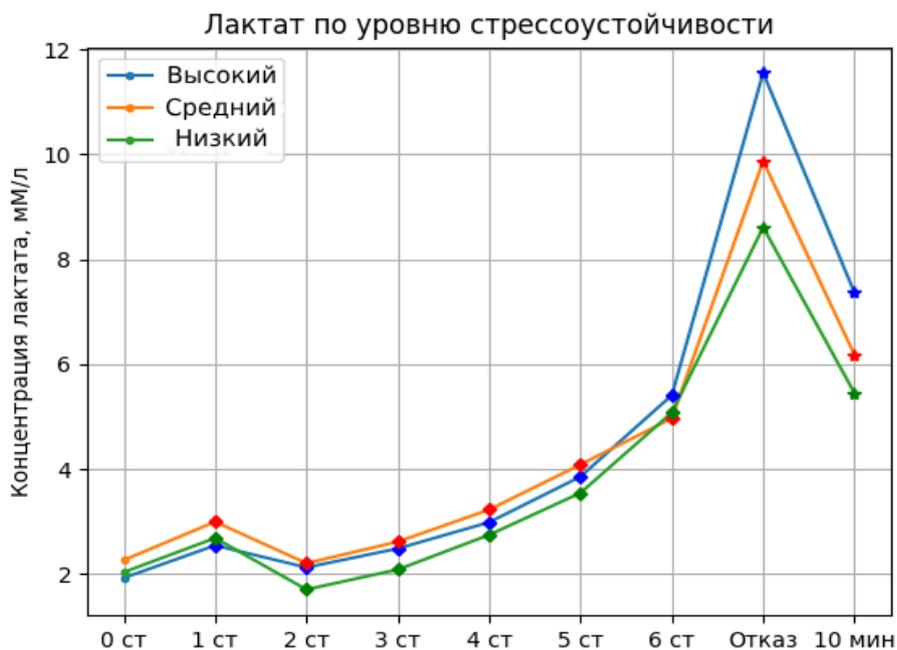


Рисунок 11. Концентрация лактата в капиллярной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости на различных этапах нагрузочного тестирования.

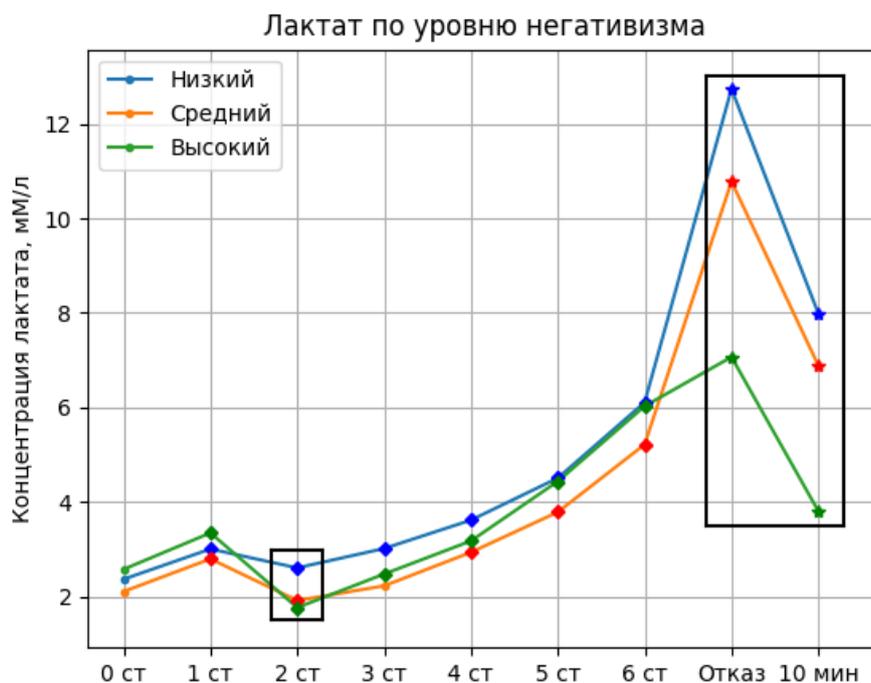


Рисунок 12. Концентрация лактата в капиллярной крови юношей с разным уровнем негативизма на различных этапах нагрузочного тестирования.

*Примечание:* обозначения как на рис.3, 4.

Юноши с низким и средним уровнем стрессоустойчивости, а также группа студентов, имеющих средний уровень негативной реакции, показывали сопоставимые значимые приросты относительно фона на протяжении нагрузочного тестирования на одних и тех же отрезках в отличие от групп с высокой стрессоустойчивостью и низким негативизмом, в которых значимые отличия между фоном начали проявляться только с 6-й ступени. Между группами значимых различий не выявили ни на одной ступени тестирования.

Соответственно, лактатный вклад в энергообеспечение мышечной нагрузки у юношей с низким уровнем негативизма и высокой стрессоустойчивостью был достоверно выше, чем у студентов с противоположными уровнями этих показателей. Только у студентов с высоким уровнем негативизма концентрация лактата после восстановительного периода возвращалась до уровня фоновых значений. Вероятно, это в определенной степени обусловлено разным объемом выполненной физической нагрузки студентами с разным уровнем выраженности исследованных психологических качеств (табл.46). Студенты, юеющие средний уровень проявления этих качеств, по большинству показателей занимали преимущественно промежуточное положение.

Таким образом, юноши с высоким уровнем стрессоустойчивости и низким уровнем негативной реакции имели более высокий потенциал функциональных резервов и выполняли больший объем физической работы, что нашло отражение в сравнительно больших энергетических затратах: лактатный вклад и прирост концентрации глюкозы в капиллярной крови у них были существенно выше, чем у обследуемых с противоположным уровнем выраженности этих психологических качеств.

### ***4.3. Биохимические показатели сывороточной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в покое и после максимальной физической нагрузки***

Биохимический профиль юношей в покое достоверно не различался между группами с разными уровнями стрессоустойчивости и негативизма, а после выполнения максимальной физической нагрузки отмечалось достоверное повышение концентрации креатинина, общего белка и креатинфосфокиназы во всех группах примерно в равной степени (только у обследуемых с низким негативизмом и высокой стрессоустойчивостью прирост содержания фермента был больше, чем в других группах) (табл.49).

Следовательно, у здоровых молодых людей гомеостатические параметры характеризовались стабильностью как в условиях покоя, так и после выполнения максимальной физической нагрузки на тредбане до отказа, независимо от уровня стрессоустойчивости и негативизма. Характер глюкозо-лактатной взаимосвязи и повышение концентрации указанных выше показателей сывороточной крови обусловлено максимальной физической нагрузкой и проявляется при разных состояниях и условиях тестирования (Бойков В.Л. и др., 2021; Приходько и др., 2024).

Таблица 49 – Биохимические показатели сывороточной крови юношей с разным уровнем стрессоустойчивости и негативизма в покое и после максимальной нагрузки на тредбане (Ме (Q1-Q3))

Примечание. значимые различия относительно: \* –фона; ▲ – низкого уровня

Показатели в покое / спустя 10 мин. восстановления после отказа	Уровень стрессоустойчивости			Уровень негативизма		
	Низкий	Средний	Высокий	Низкий	Средний	Высокий
<b>Белковый обмен</b>						
Общий белок, г/л	83,12 (79,93;85,55)	82,5 (80;83,4)	82,1 (80,6;88,5)	82,7 (81;84,7)	81,4 (80;84)	82,7 (78,9;88,9)
	87,54 (82,85;96,13) *	87,8 (83,6;92,5) *	87,6 (83,4;93,8) *	91 (84,2;93,2) *	86,9 (83,5;91,5) *	87,3 (81,4-93,6) *
Креатинин, мкмоль/л	89,53 (82,99;99,58)	92,7 (78,1;96,5)	98,1 (94,3;109,7)	95,5 (80,4;97,4)	90,7 (82,9;95,4)	91,9 (89,4;96,1)
	97,65 (87,24;122,15) *	97,3 (95,3;102,6) *	112,9 (106,4;120,2) *	102,8 (96,3;116,4) *	100,4 (87,2;111,1) *	96,9 (93,9;109,4) *
Мочевина, ммоль/л	3,89 (3,46;4,83)	4,80 (3,44;5,78)	4,55 (2,72;7,85)	4,78 (3,45;5,88)	4,14 (3,23;5,29)	3,94 (3,54;4,51)
	3,78 (3,45;5,07)	4,78 (3,41;6,19)	4,82 (2,96;8,07)	4,89 (3,42;6,49)	4,36 (3,47;5,51)	3,80 (3,50;4,61)
Альбумин, г/л	61,25 (60,27;64,21)	57,17 (55,94;61,42)	62,7 (60,90;63,14)	61,53 (55,98;62,81)	60,2 (57,85;61,45)	62,2 (58,67;64,41)
	62,93 (60,18;63,98)	59,72 (58,81;61,98)	60,9 (60,60;62,76)	60,78 (59,78;64,20)	61,2 (60,23;63,46)	60,83 (57,14;64,03)

<i>Жировой обмен</i>						
Триглицериды, ммоль/л	1,13 (0,70;2,09)	0,63 (0,37;0,77)	1,25 (0,93;1,46)	0,77 (0,63;1,40)	0,70 (0,37;1,10)	1,30 (0,66;2,28)
	0,89 (0,61;1,41)	0,71 (0,61;1,36)	0,99 (0,83;1,09)	1,02 (0,77;1,11)	0,88 (0,61;0,90)	0,66 (0,45;1,91)
<i>Ферментный обмен</i>						
Мочевая кислота, мкмоль/л	418 (339;451)	377 (266;459)	425 (356;536)	440 (353;492)	377 (301;413)	414 (358;465)
	390 (340;451)	398 (302;455)	460 (382;573)	451 (372;527)	410 (353;433)	369 (306;432)
Креатинфосфокиназа, ед/л	123,54 (61,01;149,04)	104,1 (67,0;152,3)	147,55 (119,37-250)	131,30 (89,17;149,56)	128,36 (67,47;154,82)	123,51 (82,3;147,88)
	137,02 (65,11;167,0) *	131,9 (77,5;170,3) *	170,95 (141,54;259,13)*	165,16 (127,78;169,64)*	152,55 (76,95;203,51) *	137,20 (89,10;156,20) * ▲
Аланинаминотранс- фераза, ед/л	8,16 (6,97;8,96)	8,71 (7,76;10,39)	12,59 (8,48;14,53)	10,34 (8,97;15,70)	7,6 (6,98;8,74)	8,1 (7,8;11,33)
	8,64 (8,22;9,42)	9,18 (7,45;16,33)	10,61 (7,14;13,78)	13,43 (6,36;20,38)	8,2 (7,81;9,44)	9,1 (8,6;9,5,4)
Аспаратаминотранс- фераза, ед/л	22,71 (20,04;24,18)	18,77 (17,57;22,33)	19,96 (15,23;23,44)	22,37 (17,93;23,81)	19,0 (16,80;19,64)	22,1 (18,82;31,64)
	23,07 (20,87;23,59)	20,59 (19,62;27,52)	17,72 (13,85;22,27)	23,57 (16,71;26,57)	19,7 (18,60;20,91)	21,9 (20,23;23,03)

В заключение главы необходимо отметить, что такие психологические качества как уровень стрессоустойчивости и негативизма отражались на некоторых морфофункциональных показателях юношей, что проявлялось в более высоком уровне крепости телосложения, кистевой силы, жизненной емкости и максимальной вентиляции легких, физической работоспособности и большем вкладе анаэробных процессов в условиях выполнения физической нагрузки при низком уровне негативизма и высокой стрессоустойчивости. Оценка этих личностных качеств на раннем этапе спортивных занятий позволит тренерам более дифференцированно подходить к определению допуска для нагрузок и оценки спортивных результатов. Юноши с высокой степенью негативизма, вероятно, вследствие внутреннего сопротивления установкам тренера, показывают более низкие результаты, что проявилось в отказе от выполнения нагрузки на более ранних ступенях тредбана. Следует также обратить внимание на юношей с низкой стрессоустойчивостью, имеющих достаточно высокий морфофункциональный потенциал, но требующих более внимательного подхода к их психическому состоянию во время тренировок и соревнований.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Изучение физической работоспособности молодого поколения - будущего страны все более актуализируется в современном быстро меняющемся мире. Однако в настоящее время имеется недостаточно работ, в которых исследованы реакции здоровых юношей неспортсменов при использовании максимальных нагрузок до отказа, с оценкой биохимических показателей крови для характеристики резервов организма. Вместе с тем, применение современных отечественных и зарубежных методик в спортивной науке, а также инновационного оборудования и новых возможностей для качественного анализа данных позволяет комплексно оценивать проявления физической работоспособности на энергетическом, физиологическом, биохимическом и психическом уровнях (Сонькин В.Д. и др., 2018; Козлов А.В. и др., 2022; Чиков А.Е. и др., 2020; Анаркулов Х.Ф. и др., 2022; Mujika I. et al., 2018; Gupta A. et al., 2022; Мосану G.D. et al., 2023). В связи с этим, приоритетным является комплексная оценка физической работоспособности юношей, их функциональных резервов и цены адаптивных реакций при разных протоколах нагрузочного тестирования. Максимальные физические нагрузки, позволяющие в полной мере оценить резервные возможности, проводились нечасто и, как правило, участниками таких тестов выступали квалифицированные спортсмены различных видов спорта (Ярмолук Н.С. и др., 2020; Байгужин П.А. и др., 2022; Бахарева А.С. и др., 2024; Засимова Е.З. и др., 2024), что, безусловно, влияло на результат и не позволяло точно сопоставлять эти показатели с результатами обычных юношей студентов, незанимающихся регулярно спортом, но активно участвующих в различных соревнованиях и сдающих нормативы ГТО. Поэтому для исключения влияния специфики спортивных занятий и тренировочно-спортивного стажа изучение проявлений физической работоспособности и оценки функциональных резервов юношеского организма мы формировали выборку из здоровых юношей-неспортсменов, поддерживающих активный и здоровый образ жизни. Данную выборку юношей студентов можно рассматривать как нормативную, так как исключается влияние многолетнего опыта спортивной деятельности и

сопутствующих в связи с этим морфологических и функционально-биохимических перестроек организма. К тому же известно влияние спортивной деятельности на изменения в конфигурации соматотипа (Чанчаева Е.А. и др., 2019; Maguire J., 2009; Kandel M. et al., 2014; Choudhary S. et al., 2019; Silventoinen K. et al., 2020). Таким образом, участие в тестировании практически здоровых юношей в некоторой степени может скорректировать и дополнить уже известные данные, особенно для эндоморфного типа, о котором в научной литературе информации крайне мало, а также получить новые знания о роли и взаимосвязи соматотипа, функционального типа конституции и вегетативного типа реагирования в достижении максимальной физической работоспособности на морфофункциональном, биохимическом и психофизиологическом уровнях.

Известно, что надежность функционирования систем организма в первую очередь зависит и определяется уровнем ее максимальных резервов и чем выше этот уровень, тем выше степень физической работоспособности (Мельников А.А. и др., 2023; Романов Ю.Н. и др., 2023). Однако правильная ее трактовка неразрывно связана с изучением максимальных резервов основных систем организма и затруднена необходимостью использования и оценки большого количества показателей. При исследовании резервных возможностей человека, как правило, не обойтись без применения предельных физических нагрузок с регистрацией различных физиологических, биохимических и эргометрических показателей (Терещенко В.В., 2022; Мельников А.А. и др., 2023; Galan Y. et al., 20219). В значительной степени физиологический ответ зависит не только от индивидуальных гено-фенотипических характеристик, но и от способов исследования резервов организма (вида нагрузок, длительности, вариантов их предъявления и т.д.) (Burnley M. et al., 2018; Головин М.С., Айзман Р.И. 2022). Кроме того, важно правильно оценивать затраты и механизм достижения максимального результата при выполнении физических нагрузок до отказа (Бомин В.А. и др., 2019; Похачевский А.Л. и др., 2019; Вишневецкий В.А. и др., 2020; Бобрик Ю.В. и др., 2021; Козлов А.В. и др., 2022)

При планировании методической базы исследования для комплексной оценки физической работоспособности, резервных возможностей организма и физиологической цены достижения результата опирались на ступенчатую тредбанометрию и неинвазивный вариант рамп тестирования. Протокол ступенчатой нагрузки позволял в полной мере оценивать вклад аэробно-анаэробных энергетических ресурсов на основе изменения глюкозы-лактатного соотношения и в дальнейшем использовать эти результаты для неинвазивной оценки по показателям ЧСС<sub>170</sub>. Протокол непрерывной рамп-тредбанометрии по ряду показателей соответствовал ступенчатому степ-тесту, достоинством которого можно считать неинвазивность определения АП по динамике и восстановлению ЧСС и соответствие результатов полученным с помощью прямого определения лактата в крови, а недостатком - меньший уровень выполняемой физической работы. Таким образом, сочетание разных видов нагрузочного тестирования с оценкой ряда важных морфофункциональных и биохимических показателей в динамике выполнения физической нагрузки до отказа позволило выявить уровень функциональных резервов, физической работоспособности и физиологическую «плату» здоровых юношей.

Морфологические и функциональные характеристики юношей с разным соматотипом в нашей работе соответствовали данным многих авторов (Корниенко И.А. и др., 2007; Гиренко Л.А. и др., 2012; Лебедев А.В. и др., 2016; Чанчаева Е.А. и др., 2019; Деревцова С.Н. и др., 2020; Суботялов М.А., 2020; Miroshnichenko V.M. et al., 2020; Bertuccioli A. et al., 2022). Ранние обследования мальчиков показали их склонность к мезоморфии, а девочек - к эктоморфии. К тому же, мезоморфия среди мальчиков более отчетливо влияет на уровень физической работоспособности, чем среди девочек (Bale P. et al., 1992). Установлено и то, что эндоморфия негативно сказывается на уровне аэробной подготовленности и может быть связана с худшими показателями аэробной работоспособности у мальчиков (Alkandari J.R. et al., 2016). В контексте изучения соматотипов во многих исследованиях замечено, что среди эктоморфов предпочтительным является аэробный, а у мезоморфов -

гликолитический способ энергообеспечения, однако отсутствие в выборке эндоморфного соматотипа в этих работах снижает возможности сопоставления показателей между соматотипами (Лазарева Э.А., 2004; Марчик Л.А. и др., 2018). При сравнительно одинаковом дозировании нагрузок во время учебных-тренировочных занятий у юношей эндоморфного соматотипа прирост ЧСС существенно больше повышался относительно юношей других соматотипов, особенно во время сдачи нормативов по физкультуре (бег 1 км) и участия в сдаче нормативов ГТО (бег 3 км). (Климова Е.В. и др., 2025). Этот факт следует учитывать, так как данные нагрузки могут приводить к серьезным физиологическим сдвигам у неподготовленных студентов и, вероятно, к нежелательному превышению максимального ЧСС. Поэтому характер распределения студентов по соматотипам и типам функционального реагирования чрезвычайно важно для дозирования физических нагрузок, определения функциональных резервов и во взаимосвязи для оценки индивидуально-типологических характеристик.

Изученные нами характеристики после тредбанометрии до отказа у юношей разных соматотипов по Хит-Картеру показали, что морфофункциональные и биохимические особенности у представителей разных соматотипов особенно четко выявлялись после максимальной физической нагрузки. В нашем исследовании было показано, что величина физической работоспособности и механизмы ее обеспечения у юношей существенно зависели от соматотипа. Так, представители эктоморфного типа обладали наибольшей выносливостью мышц, устойчивостью работы сердца и высоким потенциалом аэробной производительности. Данный соматотип эффективнее и с меньшими затратами был способен преодолевать циклические нагрузки. Представители мезоморфного типа отличались достаточно высокой устойчивостью к нагрузке, благодаря продолжительному аэробному вкладу в обеспечение работы мышц и быстрым восстановлением сердечного ритма, что позволило им продемонстрировать хорошие результаты на физическую нагрузку. Студенты эндоморфного соматотипа характеризовались наименьшим аэробным и соответственно большим лактатным вкладом в энергообеспечение мышечной

деятельности при более высокой частоте пульса (Приходько А.Ю. и др., 2023). Вместе с тем, при одинаковом приросте ЧСС на протяжении всего тестирования анализ вклада анаэробных процессов в энергообеспечение показал их преобладание у юношей эндоморфного телосложения, о чем свидетельствовали достоверно более высокие концентрация лактата и лактатный вклад в энергообеспечение в группе эндоморфов по сравнению с представителями других соматотипических групп, особенно эктоморфов.

Морфологические и функциональные особенности юношей с разным типом реагирования в нашей работе соответствовали данным ряда авторов (Казначеев В.П. и др., 1986; Гиренко Л.А. и др., 2012; Головин М.С., 2022). Ранние исследования с участием мальчиков показали значительную неоднородность по типам функционального реагирования. Стайеры отличались менее крепким телосложением, однако большей выносливостью и адаптивностью относительно спринтеров (Рубанович В.Б. и др., 2003). На спортсменах с разными типами реагирования по В.П. Казначееву, была показана существенная разница в меньшем накоплении лактата у стайеров по сравнению со спринтерами после интенсивных беговых упражнений (Головин М.С., 2022), что подтверждало наши данные о неодинаковом вкладе анаэробных и аэробных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности у спринтеров и стайеров.

Полученные нами данные приоткрывают сложную картину различий и особенностей между функциональными типами «спринтер» и «стайер», затрагивающую биохимические и гомеостатические показатели организма при максимальных нагрузках. Действительно, крайние функциональные типы значительно отличаются по вкладу гликолитической системы и лактатного вклада от стайеров к спринтерам. В нашем исследовании дополнительно показано, что среди юношей эндоморфного соматотипа миксты, спринтеры и стайеры распределялись практически поровну. У юношей мезоморфного соматотипа отмечали большую долю спринтеров, а среди представителей эктоморфного типа – существенное преобладание микстов и стайеров. При этом данные ряда авторов совпадают с

нашими результатами и подтверждают, что высокая встречаемость спринтеров свойственна мезоморфному соматотипу, а стайеров - юношам с преобладанием эктоморфии (Лазарева Э.А., 2004; Гиренко Л.А. и др., 2012; Приходько А.Ю. и др., 2023). В немногочисленных исследованиях выявили, что макросоматотип тип встречался реже, чем мезо- и микросоматотип (Венгерова Н.Н. и др., 2022).

Таким образом, полученные данные согласуются с прошлыми работами и указывают на определяющую роль соматотипа при формировании функционального типа реагирования нервно-мышечного аппарата.

Оказалось, что у стайеров концентрации мочевины и креатинина после нагрузочного тестирования были выше, чем у спринтеров. Полученные результаты, вероятно, свидетельствуют о частичном разрушении мышечных волокон в связи с большим объемом выполненной работы во время максимальной нагрузки (Приходько А.Ю. и др., 2024), что приводило к повышению концентрации продуктов их распада в крови.

Частота сокращений сердца (ЧСС) - наиболее важный и легко регистрируемый физиологический показатель при нагрузочном тестировании, несущий важную информацию о состоянии и функциональных возможностях организма (Панкова Н.Б. и др., 2008; Козлов А.В. и др., 2019; Schmitt L. et al., 2007; Sandra A. et al., 2010). Адаптивные реакции на локальную мышечную деятельность заключаются в увеличении ЧСС и артериального давления. При этом сердце реагирует на статические нагрузки более выраженными сдвигами ЧСС и диастолического АД, чем на динамические. Функциональное напряжение сердца и повышение АД, обусловленное центральными механизмами, четче выявляется у юношей (Кальбердин И.С. и др., 2023; Seravalle G. et al., 2015). В физиологии одним из важных маркеров оценки работоспособности является вегетативный индекс Кердо (ВИК), который определяют по двум параметрам: диастолическому артериальному давлению и частоте сердечных сокращений. К тому же данный показатель рекомендуется применять для характеристики вагосимпатического баланса в организме здоровых людей при изменении их функционального состояния (Вагин

Ю.Е. и др., 2021). Тонус вегетативной нервной системы регулирует деятельность всех органов в целях поддержания гомеостаза и адаптации к внешним воздействиям (Корельская И.Е. и др., 2015). В недавних исследованиях с максимальными нагрузками, проводимыми на велоэргометре в рамках выявления вегетативного типа регуляции установлено, что у симпатикотоников после тренировок с гиповентиляционным дыханием наблюдалось повышение работоспособности по сравнению с юношами, предрасположенными к ваготонии, у которых отмечалось повышение частоты и минутного объема дыхания. При этом, у симпатотоников усиление симпатических влияний на фоне гиповентиляционного дыхания способствовало достоверному повышению их физической работоспособности и «экономизации» работы кардиореспираторной системы (Фудин Н.А. и др., 2017). Между тем, появляются генетические исследования, указывающие на взаимосвязь известного маркера физической работоспособности – различных вариаций полиморфизма гена ACE с вегетативным индексом Кердо (ВИК) при определенных психических состояниях тревожности (Аюпова А.Р. и др., 2022; Эрлих В.В. и др., 2023). Изучались связи между юношами и девушками в контексте ВИК и нагрузок: так, у девушек отмечались более высокие значения ВИК, а, следовательно, более выраженное стимулирование сердечной деятельности при воздействии физических нагрузок, что обуславливалось сдвигом вегетативной регуляции в сторону адренергического звена. Отличительной чертой юношей было более высокие показатели ДАД на фоне менее выраженной, чем у девушек, стимуляции симпатического отдела вегетативной нервной системы (Исаева Е.Е. и др., 2021). В других исследованиях при распределении лиц юношеского возраста преобладали лица с доминированием парасимпатического отдела вегетативной регуляции (Спицин А.П. и др., 2022). Однако, есть данные других исследователей, в которых, наоборот, выявлено меньше ваготоников (Головин Н.Л. и др., 2010; Васильева, О.Ю. и др., 2021), что также согласуется с нашими результатами. Анализ результатов также показал, что параметры гемодинамики и характер корреляционных связей отличались в зависимости от доминирующего типа вегетативной регуляции и пола

обследованных. Выявлен статистически более высокий в состоянии покоя МОК у симпатотоников, что, вероятно, свидетельствует об энергетически менее выгодном функционировании сердечно-сосудистой системы, а пульсовое и среднее гемодинамическое давление не имели значимых различий. (Спицин А.П. и др., 2022). Таким образом, данный физиологический показатель широко изучался, но в рамках отдельных работ, не позволяющих комплексно оценить функциональные резервы и физическую работоспособность юношей в зависимости от вегетативного типа реакции.

В нашем обследовании юноши с преобладанием парасимпатической системы (ваготоники) демонстрировали на тредбане более высокий уровень работоспособности. Наши данные согласуются с другими результатами, полученными при обследовании спортсменов (Тишутин Н.А. и др., 2022), свидетельствующими о том, что ваготония способствует большей работоспособности, чем нормо и симпатикотония, поскольку ваготония обеспечивает экономичный режим функционирования сердечно-сосудистой системы и повышение ее резервных возможностей.

Нами получены новые данные, характеризующие особенности лактатных механизмов и глюкозо-лактатного соотношения в динамике ступенчатой тредбанометрии до отказа, указывающие на значимые различия в процессе нагрузочного тестирования. Как видно, вегетативный тонус связан с генетическими маркерами, психическими проявлениями и, конечно, показателями сердечно-сосудистой системы, поэтому, несомненно, он может служить маркером при оценке физической работоспособности студентов. Это и стало одним из направлений, наряду с конституциональными типами, выявления предикторов физической работоспособности юношей.

В последние годы становится все более популярным изучение лактата для определения механизмов обеспечения работоспособности человека, в частности вклада гликолитического источника в общую энергопродукцию организма. Лактат используется для определения анаэробного порога, который является одним из

наиболее важных показателей в оценке системы энергообеспечения мышечной деятельности и адаптации организма к физической нагрузке. Подавляющее число авторов считает показателем анаэробного порога ПАНУ, или АНП, наиболее информативным для суждения о потенциале аэробных возможностей человека (Мельников А.А. и др., 2023; Ricci B., 1963; Conconi F. et al., 1982; Cheng B. et al., 1992; Robergs R.A. et al., 2004; Joshua T., 2014; Neuberger J.A.A.C. et al., 2018;). Вместе с тем, за последние годы была проделана большая работа в поиске простых и доступных методов определения АНП без прямого забора крови. В частности, предложен графический метод определения АНП в тестировании с повышающейся циклической нагрузкой до отказа по динамике ЧСС при выполнении физической нагрузки и в процессе восстановления. Применение метода позволяет обходиться без газоанализа или инвазивных процедур для определения одного из важнейших показателей физического состояния – индивидуального уровня АНП (Козлов А.В. и др., 2019; Чиков А.Е. и др., 2020; Jones A.M. et al., 1997). Известно о различиях основных функциональных и биохимических показателей на уровне АНП и при отказе от нагрузки на велоэргометре и тредбане. При этом, при тестировании на тредбане отмечалась более высокая скорость утилизации лактата и задействованность большей мышечной массы, что является наиболее предпочтительным для определения функциональных резервов и работоспособности мышц (Головин М.С., Айзман Р.И., 2022). Показано, что сниженное значение потребления кислорода на пороге анаэробного обмена более, чем на 20% относительно максимального потребления кислорода (МПК), соответствующего максимальной ЧСС, может свидетельствовать об экономизации функциональных резервов и возможности организма выполнять физическую нагрузку в течение длительного времени, в том числе, и в анаэробном режиме. У испытуемых, выполнивших тестирование «до отказа», в структуре энерготрат при физической нагрузке субмаксимальной мощности происходили процессы экономизации углеводов на фоне активного использования жиров (Логинова Т.П. и др., 2016). Получены доказательства, указывающие на наличие различных вариантов реакции эритроцитов в связи с

внутриклеточными процессами, которые направлены на оптимизацию транспортной функции и поддержание гомеостаза крови при достижении анаэробного порога. (Рубцова Л.Ю. и др., 2017). Таким образом, выявление биохимических предикторов необходимо при оценке функциональных резервов и работоспособности.

Действительно, системы энергообеспечения и контроля гомеостаза у спортсменов в результате длительных тренировок приобретают достаточный резерв для выполнения больших нагрузок по сравнению с юношами-неспорсменами, организм которых не адаптирован к максимальным нагрузкам, свойственным профессиональным атлетам (Фудин Н.А. и др., 2017; Литовченко О.Г. и др., 2021; Корчин В.И. и др., 2024).

Прирост глюкозы при отказе повышался наряду с лактатом у юношей всех конституциональных и функциональных типов, кроме стайеров и эктоморфов, за счет их большей экономизации и надежности функционирования висцеральных систем и, вероятно, больших резервных возможностях. Это в определенной степени указывает на большую предрасположенность юношей с преобладанием стайерского типа функционального реагирования и эктоморфов к предельным нагрузкам по причине их более высоких эргометрических показателей и большей надежности биохимических процессов поддержания гомеостаза. Это также свидетельствует о разных механизмах энергообеспечения мышечной деятельности – у стайеров и эктоморфов при данной нагрузке более выражен аэробный механизм, а у спринтеров и эндоморфов – анаэробный. Поэтому необходимы серьезные корректировки к допустимым физическим нагрузкам у юношей, не занимающихся спортом, с учетом их конституциональной типологии.

Одной из острых проблем в спортивной биохимии является разработка объективных критериев для оценки адекватности реакции организма на физическую нагрузку.

Сегодня известны показатели сывороточной крови у здоровых девушек с разным соматотипом, в частности, креатинин и общий белок не отличались в покое у девушек с разными типами конституции (Лебедев А.В. и др., 2016), что согласуется с

нашими результатами у юношей. Однако, уровень мочевины, триглицеридов и других метаболитов в сыворотке крови (в покое) между девушками с разной конституцией отличались, в то время как у обследуемых нами юношей значимых отличий не выявили. Возможно, что эти гендерные различия обусловлены у девушек не только разным типом конституции, но и нейро-эндокринными перестройками в зависимости от фазы менструального цикла. В другом обследовании у студентов разных соматотипов, не занимающихся спортом, наблюдали значимые отличия в составе крови после стандартных физических нагрузок. Наблюдалось повышение количества общего белка, растворимых триглицеридов,  $\beta$ -глобулинов и соматотропина и снижение количества глюкозы, холестерина,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -глобулинов, инсулина (Брук Т.М. и др., 2017). При этом велоэргометрическая нагрузка у спортсменов выявила повышение концентрации триглицеридов,  $\beta$ -глобулинов и соматотропина при незначительных колебаниях содержания воды, глюкозы, холестерина; содержание общего белка и альбуминов не изменялось. Девушки субатлетического соматотипа отличались своеобразием течения процессов, связанных с обменом холестерина в клетках (Брук Т.М. и др., 2017). Таким образом, физиолого-биохимические параметры крови могут служить надежными биоиндикаторами при определении величины функциональных резервов и физической подготовленности (Христовая Т.Е., 2012).

Особый интерес представляют тканевые ферменты, поступающие в кровь из скелетных мышц и других тканей в результате нарушения проницаемости клеточных мембран под влиянием нагрузок (Рыбина И.Л., 2016). Считается, что в первую очередь к таким субстратам относятся креатинфосфокиназа (КФК), аспаратаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) (Рыбина И.Л., 2015).

В нашей работе мы оценили концентрации ряда ферментов и метаболитов в плазме крови у юношей в покое и после максимальной физической нагрузки и выявили значимые приросты относительно фона креатинфосфокиназы, креатинина и общего белка у юношей с разным соматотипом и функциональным типом

реагирования. Однако показатели АЛТ и АСТ были стабильны у всех юношей, что указывает на возможно более сильную связь с механизмом энергообеспечения и поддержания гомеостаза концентраций этих ферментов.

При оценке физической работоспособности, наряду с биохимическими, функциональными и генетическими маркерами (Бреслав И.С., 2013; Бондарева Э.А. и др., 2016; Брук Т.М. и др., 2017; Белякова А.С., 2018; Ярышева В.Б. и др., 2021), могут быть весьма информативными и психологические параметры (Алексина Л.А. и др., 2011; Панкова Н.Б. и др., 2022; Байгужин П.А. и др., 2022). Определены личностные психологические характеристики в достижении спортивной успешности, особенно в периоды максимальной соревновательной активности и при общении с тренером. Например, высокий уровень стрессоустойчивости способствует сохранению и эффективному использованию внутренних ресурсов для выполнения любой стрессогенной, в том числе спортивной, деятельности (Кошкарова Н.И. и др., 2024), а негативизм как одна из черт личности, определяющих уровень агрессивности, формирует оппозиционную манеру поведения - от пассивного сопротивления до активной борьбы против предъявляемых требований, что, естественно, препятствует выполнению тренерских указаний (Айзман Р.И. и др., 2009). Так, ранее нами были обнаружены значимые корреляционные взаимосвязи у юношей между уровнем стрессоустойчивости и негативизма, с одной стороны, и проделанной мышечной работой на тредбане, с другой (Приходько А.Ю. и др., 2021). Также была показана значимая отрицательная взаимосвязь между уровнем негативной реакции и приростом концентраций глюкозы и лактата в крови при выполнении степ-теста (Приходько А.Ю. и др., 2021). Таким образом, уровень стрессоустойчивости и негативизма можно рассматривать как важные психологические маркеры физической работоспособности и функциональной устойчивости организма. Удивительным является, что при практически одинаковом приросте ЧСС после максимальных нагрузок юноши с высоким уровнем негативизма относительно студентов с меньшими проявлениями негативной реакции демонстрировали более низкие приросты всех основных биохимических показателей и меньшие объёмы

функциональных резервов и работоспособности. Однако несмотря на то, что негативизм и стрессоустойчивость оказывают важное влияние на проявление физической работоспособности, тем не менее нами не выявлено взаимосвязи между этими психическими характеристиками и конституциональными признаками у юношей. Вероятно, для выявления такой взаимосвязи потребуются существенно большая выборка испытуемых, принятых в психологических опросах.

Настоящее исследование позволило выделить плеяду важных показателей, тесным образом связанных с проявлением высокой физической работоспособности и правильной ее оценкой, и рекомендовать их для корректировки при нагрузках в циклических видах деятельности. Существенное значение имеют также показатели, характеризующие потенциальные возможности организма к выполнению значительных физических нагрузок.

В исследовании мы выделили **основные** критерии: (простые и информативные показатели), отражающие функциональные возможности организма юношей, в том числе и энергетические особенности:

1. Конституциональный тип (соматотип, тип функционального реагирования и вегетативный тип)
2. Кистевая сила и выносливость
3. Максимальная скорость тредбана при анаэробном пороге и отказе.
4. Преодоленное расстояние
5. Выполненная мышечная работа
6. ЧСС после нагрузки
7. Анаэробный порог
8. Степень изменения гомеостатических показателей крови
9. Потеря массы тела после нагрузки.

Также были выделены **дополнительные** показатели:

1. Соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения
2. Уровень стрессоустойчивости
3. Уровень негативизма

Использование этих показателей на практике позволяет оценить функциональные возможности юношей неспортсменов, необходимые для дозирования объема физических нагрузок без угрозы для здоровья.

Таким образом, настоящая работа позволила системно проанализировать роль различных морфофункциональных, биохимических и психологических показателей в обеспечении физической работоспособности в условиях ступенчатой и рамп-тренировки юношей неспортсменов с учетом их типологических характеристик.

## ВЫВОДЫ

1. Между юношами разных соматотипов имеются достоверные отличия по морфологическим показателям (преобладанию массы тела, индексам Кетле и Пинье и сумме кожно-жировых складок у эндоморфов по сравнению с эктоморфами), показателям силы (у мезоморфов) и выносливости (у эктоморфов), и механизму выполнения мышечной нагрузки (большой вклад анаэробных процессов у эндоморфов по сравнению с эктоморфами). Мезоморфы по большинству этих показателей занимают промежуточное положение. Показатели кардиореспираторной системы и психофизиологические характеристики юношей разных соматотипов в покое существенно не различаются.
2. Юноши с разными типами функционального реагирования имеют значимые морфологические различия (большая масса тела, сумма кожно-жировых складок), а также сила и выносливость рук у спринтеров по сравнению с микстами и стайерами, однако они выражены в меньшей степени, чем между юношами разных соматотипических групп. Показатели кардиореспираторной системы и психофизиологические характеристики юношей разных типов функционального реагирования в покое существенно не различаются.
3. Морфотип в определенной степени определяет тип функционального реагирования. В каждой соматотипической группе выявляется неодинаковое соотношение юношей с разным типом функционального реагирования. Среди юношей эктоморфного типа преобладают стайеры (45%), мезоморфного – спринтеры (42 %), а эндоморфного – примерно равное количество с тенденцией к преобладанию микстов. В меньшей степени типу функционального реагирования соответствует определенный соматотип: среди стайеров отмечается преобладание юношей эктоморфного соматотипа, а среди спринтеров и микстов – мезоморфного.

4. Соматотип и тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата в совокупности определяют морфофункциональные, биохимические характеристики, уровень физической работоспособности и величину резервных возможностей юношей, однако вклад соматотипа как предиктора этих показателей существенно выше, чем типа функционального реагирования.
5. Юноши эктоморфного соматотипа и стайеры проявляют более высокие функциональные возможности сердечно-сосудистой системы и физическую работоспособность при более низких затратах и большем вкладе аэробного гликолиза в обеспечении мышечной деятельности. Представители эндоморфного соматотипа и миксты по уровню функциональных возможностей, физической работоспособности и преобладанию процессов аэробного гликолиза в мышечной реакции имеют более низкие показатели, тогда как мезоморфы и спринтеры занимают промежуточное положение.
6. Ступенчатая тредбанометрия позволяет выявить более высокий уровень физической работоспособности у юношей с разными индивидуально-типологическими особенностями, чем постепенно нарастающая нагрузка, при сравнительно одинаковых функциональных нагрузках на сердечно-сосудистую систему. Это дает основание для первоочередного использования соматотипа и ступенчатой тредбанометрии в качестве ориентиров для оценки функциональных резервов организма.
7. Преобладание парасимпатического тонуса способствует повышению резервных возможностей сердечно-сосудистой системы, что положительно отражается на физической работоспособности юношей ваготоников всех типов конституции.
8. Концентрации ферментов и метаболитов в плазме крови юношей в состоянии покоя достоверно не отличаются между соматотипическими группами, однако после максимальной мышечной нагрузки выявлено повышение концентрации продуктов распада белков (креатинина, креатинфосфокиназы и мочевины) у

всех обследуемых, но в большей степени у стайеров, что обусловлено более высокой достигаемой скоростью тредбана и объемом выполненной работы. Концентрации глюкозы и лактата в динамике выполнения степ-теста повышаются у юношей всех групп, но больше у эндоморфов, и в меньшей степени - у эктоморфов, тогда как мезоморфы по величине прироста концентраций этих веществ занимают промежуточное положение.

9. Высокий уровень стрессоустойчивости и низкий уровень негативизма способствуют повышению физической работоспособности, что проявляется в увеличении объема выполненной работы, кистевой силы и большем вкладе анаэробных процессов в условиях выполнения физической нагрузки при отсутствии влияния на биохимические показатели крови.
10. Выделены критерии оценки физической работоспособности и функциональных резервов организма юношей неспортсменов: основные: конституциональный тип, кистевая сила и выносливость, максимальная скорость тредбана при анаэробном пороге и отказе, преодоленное расстояние; выполненная мышечная работа; ЧСС после нагрузки; анаэробный порог; степень изменения гомеостатических показателей крови и потеря массы тела после нагрузки. дополнительные: соотношение аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения; уровень стрессоустойчивости; уровень негативизма.

### **БЛАГОДАРНОСТИ**

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.б.н. проф., заслуженному деятелю науки РФ Айзману Роману Иделевичу за дизайн диссертационной работы, помощь в освоении методов исследования, анализе результатов и написании работы; к.б.н. Головину Михаилу Сергеевичу за ключевой вклад при разработке дизайна исследования и помощь в освоении современных методов нагрузочного тестирования; заслуженному работнику физической культуры РФ Герасимову Сергею Николаевичу за помощь при наборе добровольцев для участия в нагрузочных тестах; д.м.н., проф. Новиковой Ирине Игоревне, директору ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора за создание условий и помощь для выполнения настоящей работы; парням студентам проявившим волю и неподдельный интерес и поучаствовавшим в данном исследовании; коллегам-соавторам, участвующих в наборе материала и его анализе, а также сотрудникам кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности НГПУ и сотрудникам НИИ гигиены за создание благоприятной обстановки для выполнения и обсуждения результатов настоящей работы

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

*ССС* – сердечно-сосудистая система

*ВНС* – вегетативная нервная система

*АД* – артериальное давление

*ЧСС* – Частота сердечных сокращений

*АнП* – Анаэробный порог

*максЛа*– максимальная концентрация лактата в крови, ммоль/л;

*максГл*– максимальная концентрация глюкозы в крови, ммоль/л;

$\Delta La$  – прирост лактата

*EAi La* – вклад лактатного механизма в энергообеспечение

*ЧСС<sub>макс</sub>* – максимальная частота сердечных сокращений, уд/мин;

*La* – концентрация лактата в крови, ммоль/л;

*Gl* – концентрация глюкозы в крови, ммоль/л;

*КФК* – креатинфосфокиназа

*АСТ* – аспартатаминотрансфераза

*АЛТ* – аланинаминотрансфераза

$Ai = MT*(Vi*t_i)$  – суммарное мышечное напряжение совершаемое при беге на тредбане, складывалось из «работ» на отдельных ступенях где: *MT* – масса тела испытуемого,  $V_i$  – скорость движения полотна дорожки на каждой ступени,  $t_i$  – время бега на *i* – ой ступени.

*ВИК* – индекс Кердо

*МИ* – мышечный индекс

*ИМТ* – индекс Кетле (индекс массы тела)

*ИП* – индекс Пинье

*ОГК* – окружность грудной клетки

*ММС* – максимальная мышечная сила

*ММВ* – максимальная мышечная выносливость

*ОПН* – окружность плеча в напряжении

*ОПП* – окружность плеча в покое

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуталимова, С.М. Применение электромиографии для исследования функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / С.М. Абуталимова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 1 – С. 18.
2. Аверьянова, И.В. Сравнительная характеристика физиологических показателей во время выполнения велоэргометрического теста у здоровых молодых людей с различным уровнем толерантности к нагрузке / И.В. Аверьянова, С.И. Вдовенко // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 12. – С. 62-64.
3. Адаптивные изменения функционального состояния сердца у подростков, ассоциированные со спортивной специализацией и генетическим профилем / В.В. Эрлих, В.Б. Ярышева, П.А. Байгужин, Д.З. Шибкова. // Челябинск: Южно-Уральский государственный университет. – 2023. – С. 159.
4. Айзман, Р.И. Методологические принципы и методические подходы к организации мониторинга здоровья обучающихся и здоровьесберегающей деятельности образовательных организаций / Р.И. Айзман // Вестник педагогических инноваций. – 2019. – №1(53). – С. 5-13.
5. Айзман, Р.И. Мониторинг здоровья спортсменов и эффективности работы ДЮСШ / Р.И. Айзман, А.В. Лебедев, В.Б. Рубанович // [Электронный ресурс] Каф. анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности НГПУ. Новосибирск. НГПУ. – 2009. – 1 электрон. опт. диск (CD-R) : зв. цв.; –12 см. (74)
6. Актуальные проблемы адаптации спортсменов к напряженным тренировочно-соревновательным воздействиям в спорте высоких и высших достижений / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, Ю.Н. Романов, В.В. Епишев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2013. – Т. 13, № 3. – С. 130-135.
7. Анаркулов, Х.Ф. Влияние различных режимов физических нагрузок в горных условиях на физическую работоспособность и максимальные аэробные

возможности спортсменов в первые дни реакклиматизации / Х.Ф. Анаркулов, Т.А. Макогонова // Эл агартуу. – 2022. – Т. 12, № 11. – С. 33-38.

8. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1990. 192 с.

9. Байгужин, П.А. Нестабильные психические состояния у обучающихся-спортсменов / П.А. Байгужин, Д.З. Шибкова // Психология. Психофизиология. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 102-114.

10. Байгужин, П.А. Функциональное состояние организма: технологии оценки в спорте и рекреационном туризме (обзор) / П.А. Байгужин, Д.З. Шибкова, А.В. Шевцов // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 4. – С. 25-34.

11. Бахарева, А.С. Гемодинамический ответ на ортостатическое воздействие на этапах подготовительного периода у лыжников-гонщиков с разным уровнем работоспособности / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2025. – Т. 25, № 1. – С. 59-67.

12. Бахарева, А.С. Реактивность системы гемодинамики у спортсменов циклических видов спорта при нагрузочном тестировании / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, Ю.Н. Романов // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 3. – С. 29.

13. Баянкина, Д.Е. Некоторые методические и практические аспекты определения анаэробного порога / Д.Е. Баянкина, Ю.А. Князева, И.М. Смокотнина // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2021. – № 2. – С. 56-61. doi: 10.24411/2305-8404-2021-10208

14. Белякова, А.С. Выявление наиболее значимых видов психомоторных способностей для успешности результата в разных видах легкой атлетики / А.С. Белякова, И.Ю. Горская // Современные здоровьесберегающие технологии. – 2017. – № 4. – С. 231-236.

15. Белякова, А.С. Морфотипологический и психомоторный статус начинающих легкоатлетов / А.С. Белякова // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2018. – № 3. – С. 110-117.

16. Биохимические показатели крови у девушек 17-20 лет разных типов конституции / А.В. Лебедев, О.В. Туманик, М.А. Суботялов, Р.И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – Т. 33, № 5. – С. 181.

17. Бобрик, Ю.В. Выявление функциональных резервов внешнего дыхания и общей физической работоспособности студентов / Ю.В. Бобрик, А.Л. Корепанов // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 2. – С. 33-35.

18. Бойков, В.Л. Физиологическая характеристика гематологических, биохимических параметров крови и симпато-вагусного баланса у спортсменов высокой квалификации / В.Л. Бойков, А.А. Мельников // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 7-13.

19. Бомин, В.А. Функциональное состояние организма с учетом иерархической оценки транспорта и утилизации кислорода в различных группах уровней подготовленности во время физической нагрузки до отказа / В.А. Бомин, А.И. Ракоца // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – Т. 176, № 10 – С. 40-43.

20. Бондарева, Э.А. Поиск ассоциаций G/A- полиморфизма гена EPAS1 с уровнем максимального потребления кислорода у Российских спортсменов / Э.А. Бондарева, А.Н. Блеер, Е.З. Година // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 3. – С. 120-124.

21. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. Руководство для изучающих физиологию человека – М.: Советский спорт. – 2013. – 364 с.

22. Брук, Т.М. Влияние специфической физической нагрузки на анаэробную работоспособность спортсменов в зависимости от типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма / Т.М. Брук, П.А. Терехов, Н.Д. Титкова // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 28-35.

23. Бяловский, Ю.Ю. Влияние разных величин дополнительного респираторного сопротивления на аэробную выносливость / Ю.Ю. Бяловский, И.С. Ракитина // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2024. – Т. 21, № 1. – С. 50-61.
24. Вагин Ю.Е. Вегетативный индекс кердо: роль исходных параметров, области и ограничения применения / Ю.Е. Вагин, С.М. Деунежева, А.А. Хлытина // Физиология человека. – 2021. – Т. 47, № 1. – С. 31-42.
25. Вариативность функционально-метаболических процессов у лыжников-гонщиков на тренировочные нагрузки подготовительного периода / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, А.А. Кравченко, В.В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 33-41.
26. Васильев, Г.Ф. Влияние максимальных физических нагрузок на психофизиологические процессы у студентов единоборцев / Г.Ф. Васильев, С.А. Катанский // Спортивный психолог. – 2014. – № 1 (32). – С. 86-89.
27. Васильева, О.Ю. Соотношение нормотоников к симпатотоникам и ваготоникам среди студентов педиатрического университета / О.Ю. Васильева, Д.А. Немчанинова // Forcipe. – 2021. – Т. 4, № S1. – С. 584.
28. Величко, Т.И. Свободнорадикальные процессы и возможное проявление оксидативного стресса в условиях физических нагрузок / Т.И. Величко // Вестник Волжского университета им. В.М. Татищева. – 2015. – Т. 19, № 4 – С. 286-293.
29. Венгерова, Н.Н. Проектирование содержания физкультурно-оздоровительной деятельности студенток вуза с учётом медико-биологических факторов и индивидуально-типологических особенностей / Н.Н. Венгерова, Е.Н. Комиссарова // Общество: социология, психология, педагогика. – 2022. – Т. 94, № 2. – С. 144-148.
30. Весовые категории в боксе как фактор морфологического разнообразия / монография // под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. М.: ТД ДеЛи. – 2024. – 121 с.
31. Взаимосвязь интенсивности накопления пульсового долга со скоростью образования кислородного запроса и накопления лактата в крови при выполнении

предельных циклических упражнений различной продолжительности / А.В. Козлов, А.Н. Блеер, С.П. Левушкин, В.Д. Сонькин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 43-50.

32. Виноградов, С.Н. Исследование газотранспортной системы человека в условиях максимальной физической нагрузки методом построения регрессионных моделей / С.Н. Виноградов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 841-844.

33. Вишневецкий, В.А. Сравнительный анализ проб с циклической работой, выполняемой по замкнутому циклу мощности, и «до отказа» / В.А. Вишневецкий, В.В. Апокин, В.А. Григорьев // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 5. – С. 89-91.

34. Влияние композиции маточного молочка и экзогенного убихинона-10 на биомаркеры окислительного стресса и повреждения мышечной ткани при выполнении высокоинтенсивного интервального упражнения в подготовительном периоде / В.В. Селезнёв, А.Н. Овчинников, Е.В. Крылова, С.В. Копылова // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 4. – С. 7-16.

35. Влияние личностных особенностей спортсменов на скорость восстановления после максимальной физической нагрузки / А.Л. Похачевский, А.Ф. Мещеряков, В.Ф. Волков, С.А. Глушков // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 11. – С. 33.

36. Влияние наследственной предрасположенности и психологического статуса студентов на ряд параметров сердечно-сосудистой деятельности и физической выносливости / А.Р. Аюпова, Е.Е. Исаева, А.Ф. Каюмова, В.Г. Шамратова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – № 7. – С. 7-12.

37. Влияние произвольного гиповентиляционного дыхания на функциональное состояние и физическую работоспособность человека при различных по интенсивности режимах физической нагрузки до отказа / Н.А. Фудин,

С.Я. Классина, Ю.Е. Вагин, С.Н. Пигарева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7, № 2. – С. 5-11.

38. Влияние физических нагрузок разной направленности на показатели физической работоспособности и уровень максимального потребления кислорода у квалифицированных спортсменов в зависимости от периода тренировочного процесса / Н.П. Гарганеева, И.Ф. Таминова, В.В. Калюжин, И.Н. Ворожцова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 30-38.

39. Влияние эргоспирометрической нагрузки повышающейся мощности до мышечного отказа на поструральную устойчивость спортсменов различных специализаций / А.С. Назаренко, М.Э. Балтин, А.О. Федянин, Ф.А. Мавлиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 38-44.

40. Возможности и перспективы способов и приборов для измерения уровня артериального давления / О.П. Родина, И.Я. Моисеева, С.И. Геращенко, М.С. Геращенко // Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 1, № 10. – С. 166-169.

41. Волков, Н.И. Биохимические факторы спортивной работоспособности / Н.И. Волков // В кн.: «Биохимия». М.: Физкультура и спорт. 1986. С. 320-330.

42. Воронов, Н.А. Физическая культура как компонент здорового образа жизни человека в обществе / Н.А. Воронов // Интерактивная наука. – 2018. – Т. 30, № 8. – С. 24-26.

43. Гайтон, А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл // Пер. с англ. Под ред. В.И. Кобрина. М.: Логосфера. 2008. 1296 с.

44. Генопрофилирование энергообеспечения у спортсменов высокой квалификации на примере биатлонистов / Н.Г. Кручинский, Т.Л. Лебедь, В.В. Маринич, А.А. Слиж // Здоровье для всех. – 2018. – № 2. – С. 9-17.

45. Гиренко, Л.А. Морфо-функциональное развитие юношей разного типа телосложения с учетом спортивной специализации / Л.А. Гиренко, М.С. Головин, Р.И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2012. – № 5. – С. 67-83.

46. Головин Н.Л. Психофизиологический статус юношей и девушек с разным вегетативным тонусом / Н.Л. Головин, А.Г. Гуцин // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 85-88.

47. Головин, М.С. Влияние физических нагрузок на изменения глюкозы и лактата крови спортсменов с разными типами реагирования нервно-мышечного аппарата / М.С. Головин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 77-81.

48. Головин, М.С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14-21.

49. Городниченко, Э.А. Особенности восстановительных процессов после статических нагрузок нарастающей мощности / Э.А. Городниченко, Л.Г. Чалова, Г.В. Петрова // Новые исследования. – 2004. – Т. 2, № 1. – С. 133-138.

50. Гунина, Л.М. Окислительный стресс и адаптация: метаболических аспекты влияния физических нагрузок / Л.М. Гунина // Наука в Олимпийском спорте. – 2013. – № 4. – С. 19-25.

51. Гурьянов, М.С. Распространенность факторов риска хронических неинфекционных заболеваний как проблема образа жизни студентов медицинского вуза / М.С. Гурьянов, С.А. Апоян, А.Н. Поздеева // Актуальные проблемы управления здоровьем населения. – 2021. – Т. 2. – С. 138-142.

52. Демин, А.В. Физическая интерпретация вегетативного индекса Кердо / А.В. Демин, А.И. Иванов // Образование. Наука. Научные кадры. – 2013. – № 2. – С. 151-156.

53. Деревцова, С.Н. Калиперометрия и ультразвуковое исследование в изучении подкожной основы у юношей / С.Н. Деревцова, А.А. Романенко, В.П. Ефремова // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – №3. – С. 69-73.

54. Динамика функциональных показателей, характеризующих порог анаэробного обмена, в велоэргометрическом тесте до отказа у юношей-лыжников /

Т.П. Логинова, Н.Н. Потолицына, И.О. Гарнов, А.В. Нутрихин // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – № 6. – С. 4-8.

55. Еликов, А.В. Зависимость показателей оксидантного баланса и обмена холестерина в мышечной ткани от интенсивности физической нагрузки / А.В. Еликов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2024. – Т. 27, № 5. – С. 72-76.

56. Ефремова, Р.И. Влияние соревновательной деятельности на сердечно-сосудистую систему юных лыжников с нормотоническим типом вегетативной нервной системы / Р.И. Ефремова, А.П. Спицин // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2017. – Т. 29, № 5. – С. 161-164.

57. Жомин, К.М. Оценка конституциональных особенностей детей среднего школьного возраста / К.М. Жомин, В.Б. Рубанович // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – Т. 224, № 10. – С. 123-129.

58. Зависимость уровня максимального потребления кислорода от вида физической нагрузки / Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова, А.П. Середа, А.С. Назаренко // Наука и спорт: современные тенденции. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 35-40.

59. Загурский, Н.С. Методика определения пороговых зон энергообеспечения по динамике ЧСС и лактата в беговых ступенчатых тестах до отказа / Н.С. Загурский, В.И. Михалев, Я.С. Романова // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 10. – С. 39-41.

60. Зайцева, И.П. Влияние интенсивной физической нагрузки на механизмы регуляции железа / И.П. Зайцева, А.А. Тиньков, А.В. Скальный // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 5. – С. 115–122.

61. Значение морфофункциональных и личностных качеств здоровых юношей в обеспечении физической работоспособности при выполнении ступенчатого теста на тредбане / А.Ю. Приходько, В.М. Климов, Р.И. Айзман, С.Г. Кривощёков // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 12.

62. Золотые пропорции адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы / В.Р. Горст, И.А. Быков, И.Н. Полунин, Н.А. Горст // Международный

журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – Т. 2, № 5. – С. 380-384.

63. Ивонин, А.Г. Электрическая активность сердца крыс в период реполяризации желудочков после однократного бега на тредбане до отказа / А.Г. Ивонин, С.Л. Смирнова, И.М. Рощевская // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2022. Т. 108, № 10. – С. 1340-1352.

64. Игнатова, Ю.П. Некоторые психофизиологические показатели и вариабельность сердечного ритма у юношей в зависимости от их индивидуально-типологических особенностей / Ю.П. Игнатова, И.И. Макарова, А.В. Аксёнова // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 61-68.

65. Игнатьева, В.П. Повышение физической работоспособности и развитие общей выносливости у студенток III функциональной группы здоровья / В.П. Игнатьева, В.Ю. Лебединский // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 2. – С. 102-107.

66. Интегральные критерии системообразующих факторов функциональной системы организма спортсменов высокой спортивной квалификации разных видов спорта / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов, В.А. Бычковских // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 7-18

67. Информативность различных функциональных проб состояния кардиореспираторной системы человека в норме и при патологии / Н.Б. Панкова, С.А. Надоров, О.А. Ежова, Н.А. Агаджанян // Вестник восстановительной медицины. – 2008. – № 1. – С. 67-71.

68. Исаев, А.П. Кислородтранспортные и энергообеспечивающие резервные возможности занимающихся спортивным ориентированием на заключительном этапе подготовки к соревнованиям / А.П. Исаев, В.В. Епишев, Э.Э. Маматов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2013. – Т. 13, № 3. – С. 41-45.

69. Исаева Е.Е. Особенности влияния физических нагрузок разной интенсивности на функциональные возможности системы кровообращения девушек

и юношей / Е.Е. Исаева, Г.С. Тупиневич, В.Г. Шамратова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2021. – Т. 198, № 8. – С. 107-111.

70. Исмаил, А.Х. Психофизиологические характеристики юных футболистов с различными соматотипами по Хит-Картеру / А.Х. Исмаил, Н.Н. Захарьева, А.В. Махалин // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 6. – С. 28-30.

71. История ГТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gto.ru/history>.

72. Казначеев, В.П. Адаптация и конституция человека / В.П. Казначеев, С.В. Казначеев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1986. – 122 с.

73. Кальбердин, И.С. Сезонная динамика вегетативных характеристик студентов, занимающихся спортом / И.С. Кальбердин, А.Н. Инюшкин // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 2.

74. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков // М.: Физкультура и спорт. 1988. 234 с.

75. Кашапов, Р.И. Особенности энергообеспечения мышечной деятельности в марафонском беге / Р.И. Кашапов, Р.Р. Кашапов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 50.

76. Классина, С.Я. Продолжительность физической работы до отказа и ее "физиологическая цена" у испытуемых с различной направленностью изменения легочной вентиляции после курса гиповентиляционных тренировок / С.Я. Классина // Спортивная медицина: наука и практика. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 28-33.

77. Климова Е.В. Показатели сдачи норм ГТО студентами транспортного вуза в зависимости от типа конституции / Е.В. Климова, М.А. Суботьялов // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2025. – Т. 51, № 1. – С. 150-156.

78. Ковалев, А.А. Некоторые проблемы обучения методам статистического анализа данных и возможности современных информационных технологий для их решения / А.А. Ковалев, В.А. Игнатенко, А.А. Ядченко // Проблемы здоровья и экологии. – 2019. – Т. 62, № 4. – С. 94-99.

79. Козлова, А.П. Морфофункциональные особенности мальчиков в зависимости от соматотипа / А.П. Козлова, М.А. Суботялов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 73, № 1. – С. 75-82.

80. Колпаков, В.В. Концепция типологической вариабельности физиологической индивидуальности. Сообщение II. Популяционная разнокачественность соматотипов в группах лиц с различным уровнем привычной двигательной активности / В.В. Колпаков, Т.В. Беспалова, А.В. Брагин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №1. – С. 75.

81. Конституциональный подход в детском возрасте: анализ ситуации и методы исследования / Н.С. Букавнева, Д.Б. Никитюк, Э.В. Леонтьева, Н.М. Кондакова // Морфологические ведомости. – 2009. – Т. 2, № 1. – С. 85-87.

82. Конструирование физкультурно-оздоровительных занятий для юношей с учётом показателей соматотипа и состава тела / Н.Н. Венгерова, Е.Н. Комиссарова, Ю.А. Клюс, П.В. Родичкин // Теория и практика физической культуры. – 2018. – № 10. – С. 48-50.

83. Корельская И.Е. Адаптация к обучению в университете в зависимости от типа вегетативной нервной системы студентов / И.Е. Корельская, Н.В. Блохина // Успехи современного естествознания. – 2015. – Т. 3, № 9. – С. 503-506.

84. Кормилицына, М.А. Гуморальная регуляция гемостаза при максимальной физической нагрузке у крыс / М.А. Кормилицына, Е.К. Голубева, О.А. Пахрова // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2022. – Т. 16, № 5. – С. 116-120.

85. 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. doi: 10.1134/S0362119707050131

86. Король, В.М. Мышечная работоспособность и частота сердечных сокращений у подростков в зависимости от уровня полового созревания / В.М. Король, В.Д. Сонькин, Л.И. Ратушная // Теория и практика физической культуры. – 1985. – № 8. – С. 27.

87. Коурова, О.Г. Мониторинг функционального состояния студентов и школьников при использовании здоровьесберегающих технологий / О.Г. Коурова, Т.В. Попова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 14-18.

88. Коурова, О.Г. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы на локальную, мышечную деятельность в различные возрастные периоды / О.Г. Коурова // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 6. – С. 107.

89. Коц, Я.М. Спортивная физиология / Я.М. Коц // Учебник для ИФК. – М.: Физкультура и спорт. 1986. 200 с.

90. Кочеткова, Е.Ф. Физическая работоспособность и генетическая детерминированность / Е.Ф. Кочеткова, О.Н. Опарина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – Т. 20, № 1.

91. Кошкарова, Н.И. Работоспособность и функциональное состояние центральной нервной системы у студентов технического колледжа / Кошкарова Н.И., Литовченко О.Г. // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2024. – Т. 32, № 6. – С. 45-53.

92. Критерии оценки функционального состояния организма спортсменов-кикбоксеров в современных эмпирических исследованиях / Ю.Н. Романов, Д.З. Шибкова, Л.А. Романова, А.А. Захарец // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – Т. 46, № 4. – С. 105-114.

93. Лазарева, Э.А. Взаимоотношения между типами телосложения и особенностями энергообеспечения мышечной деятельности легкоатлетов спринтеров и стайеров / Э.А. Лазарева // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 121.

94. Лебедев, А.В. Психофизиологические, морфофункциональные и личностные особенности девушек разных соматотипов / А.В. Лебедев, М.А. Суботялов, Р.И. Айзман // Новосибирск: – 2013. – 107с.

95. Литовченко, О.Г. Особенности динамики показателей морфофункционального состояния студенток города Сургута с различным уровнем двигательной активности / О.Г. Литовченко, Н.С. Литвинова, С.В. Соловьева // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 11. – DOI 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_01\_11.

96. Лукавенко, А.В. Технологии управления учебным процессом по физическому воспитанию в вузе на основе дифференциации соматотипов / А.В. Лукавенко, А.А. Титаренко, О.Б. Маметова // Культура физическая и здоровье. – 2021. – № 2. – С. 67-72.

97. Мак-Дугалл, Д.Д. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса / Д.Д. Мак-Дугалл, Г.Э. Уенгер, Г.Д. Гринн // Киев: Олимпийская литература. – 1998. – 431 с.

98. Мальченко, А.Д. Особенности интернационализации физического воспитания студентов вуза с учетом типа функционального реагирования / Мальченко А.Д., Куницына Е.А. // Наука 21 века: вопросы, гипотезы, ответы. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 30-32.

99. Маркер адаптивных свойств гормонально-генетического профиля организма юных спортсменов при влиянии сочетанного воздействия гипоксии и физической нагрузки / Д.А. Сарайкин, В.И. Павлова, Ю.Г. Камскова, В.В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 54–61. DOI: 10.14529/hsm220307

100. Марчик, Л.А. Содержание лактата в кожном экстракте спортсменов циклических видов спорта в зависимости от типа энергетического метаболизма и конституции / Л.А. Марчик, О.С. Мартыненко // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2018. – Т. 13. № 3. – С. 180.

101. Медведева, К.А. Корреляционно-регрессионный анализ и его значение в экономико-статистических исследованиях / К.А. Медведева // Статистическая наука XXI века. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 243-245.

102. Метаболические показатели организма студентов северо-восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, занимающихся легкой атлетикой / Е.З. Засимова, А.С. Гольдерова, Е.Д. Охлопкова, А.И. Югова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 16-22.

103. Метод определения анаэробного порога по динамике ЧСС в процессе работы и восстановления при выполнении теста нарастающей мощности до отказа / А.В. Козлов, А.В. Якушкин, Р.С. Андреев, А.В. Ваваев // Физиология человека. – 2019. – Т. 45, № 2. – С. 78–86. doi: 10.1134/S0362119719020038

104. Методы комплексного корреляционно-регрессионного анализа функционального состояния систем организма / Л.А. Алексина, М.В. Дементьев, К.С. Катинас, А.В. Сорокин // Ученые записки СББГМУ им. И.П. Павлова. – 2011. – Т. 18, № 3. – С. 72-75.

105. Молчанова, Т.Н. Динамика некоторых психофизиологических параметров у представителей частных конституционных типов в зависимости от длительности адаптации к условиям Севера / Т.Н. Молчанова, А.Б. Гудков, О.Н. Рагозин // Экология человека. – 2009. – № 5. – С. 30-33.

106. Морфология периферической крови у спортсменов спринтеров и стайеров / В.В. Матвиенко, М.С. Шведский, А.В. Сутырина, К.С. Кидирниязова // Вестник физической культуры и спорта. – 2020. – № 1. – С. 169-174.

107. Неудахин, Е.В. К дискуссии о конституции человека, конституциональных типах и диатезах / Е.В. Неудахин, В.В. Чемоданов // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2005. – Т. 84, № 5. – С. 60-67.

108. Никитюк, Б.А. Интегративные подходы в возрастной и спортивной антропологии: монография / Б.А. Никитюк // Москва. Институт психологии РАН. – 1999. – 224 с.

109. Никитюк, Б.А. Интеграция знаний в науке о человеке / Б.А. Никитюк // М.: Спортакадемпредс. – 2000. – 400 с.

110. Никитюк, Д.Б. Применение антропометрического подхода в практической медицине: некоторые клиничкоантропологические параллели / Д.Б. Никитюк, А.Л. Позднякова // Вопросы питания. – 2007. Т, 76. № 4. – С. 26-29.

111. Нопин, С.В. Возможности мобилизации двигательного потенциала человека при максимальной физической нагрузке / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2023. – Т. 100, Т. 2, № 3. – С. 150-151.

112. Особенности влияния физических нагрузок различной направленности на показатели работоспособности студенток разных соматотипов / С.П. Левушкин, М.С. Фесенко, С. Ли, Е.В. Соловьева // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 3. – С. 51-54.

113. Особенности влияния физических нагрузок различной направленности на показатели регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы студенток разных соматотипов / С.П. Левушкин, И.А. Мищенко, М.С. Фесенко, С. Ли // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 1. – С. 35-38.

114. Особенности изменения анаэробной работоспособности и морфофункциональных параметров у хоккеистов в соревновательном периоде / Ф.А. Мавлиев, А.С. Назаренко, А.Х. Валиахметов, В.Е. Андреев // Физическая культура, спорт - наука и практика. – 2019. – № 3. – С. 78-83.

115. Особенности иммунного статуса спортсменов ациклических видов спорта (борцов и боксеров) в зависимости от их спортивной квалификации / С.Л. Сашенков, О.В. Журило, И.Ю. Мельников [и др.] // Российский иммунологический журнал. – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 217-220.

116. Особенности энергообеспечения мышечной работы в зависимости от длительности выполнения ступенчато-возрастающей нагрузки у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / А.Е. Чиков, Д.С. Медведев, С.Н.

Чикова, С.В. Колмогоров // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 62-67.

117. Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения / В.М. Баранов, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, В.М. Михайлов // Экология человека. – 2004. – № 6. – С. 25-29.

118. Оценка рисков функционирования и развития физкультурно-спортивной организации / И.М. Довгалюк, В.В. Эрлих, О.Ю. Берсенева, А.С. Беленков // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 1. – С. 9-10.

119. Оценка функциональных и биохимических показателей здоровых юношей разных соматотипов / А.Ю. Приходько, М.С. Головин, В.М. Климов, С.Г. Кривошеков, Р.И. Айзман // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 279-289.

120. Панкова, Н.Б. Изменения показателей психомоторной координации у учащихся восьмых классов за период с 2004 по 2020 год / Н.Б. Панкова, М.Ю. Карганов // Психология. Психофизиология. – 2022. – Т. 15, – №4. – С. 114–125. DOI: 10.1318910.14529/jpps220411

121. Пашкова, И.Г. Индекс массы тела и содержание жирового компонента у женщин разных соматотипов в условиях севера / И.Г. Пашкова // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2020. – Т. 9, № 4. – С. 63-69.

122. Показатели сердечно-сосудистой системы и биохимический профиль юношей разных соматотипов на различных этапах нагрузочного тестирования / А.Ю. Приходько, М.С. Головин, Е.Ю. Трифанов, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 25–32.

123. Полиморфизм генов ренин-ангиотензиновой системы и гемостаза у подростков с различной спортивной специализацией / В.Б. Ярышева, Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин, В.В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S1. – С. 19-23.

124. Попова, Т.В. Особенности работоспособности и утомления при локальной работе мышц у высококвалифицированных спортсменов / Т.В. Попова, Ю.И. Корюкалов, О.Г. Коурова // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 6. – С. 128.

125. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.12.2017 № 1640 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»: Собрание законодательства РФ. – 2017. – 80 с.

126. Применение расширенного биохимического профиля спортсмена сверхвысокой квалификации для прогнозирования стойкого снижения работоспособности / М.А. Дикунец, Г.А. Дудко, Э.Д. Вирюс, А.С. Крючков // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2022. – Т. 66, № 4. – С. 86-93.

127. Приходько, А.Ю. Анализ физической работоспособности мужчин разных соматотипов при выполнении ступенчатого теста до отказа на тредбане / А.Ю. Приходько, С.Н. Герасимов, Р.И. Айзман // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 4. – С. 137-145.

128. Приходько, А.Ю. Комплексная оценка критериев успешного прогноза спортивных результатов в циклических видах спорта / А.Ю. Приходько, В.М. Климов, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 137-146.

129. Приходько, А.Ю. Морфофункциональные и биохимические особенности юношей с разными типами реагирования нервно-мышечного аппарата / А.Ю. Приходько, М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 3. – С. 53–62.

130. Ровный, В.А. Функциональная устойчивость организма спортсменов при длительных нагрузках в стандартных условиях / В.А. Ровный // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2008. – № 10. – С. 96–99.

131. Розенблат, В.В. Проблема утомления / В.В. Розенблат // М, Медицина. – 1975. – 240 с.

132. Рубанович, В.Б. Особенности морфофункционального развития мальчиков 7–14 лет разных типов адаптивного реагирования / В.Б. Рубанович, Л.А. Гиренко, Р.И. Айзман // Физиология человека. – 2003. – № 3. – С. 48-53.

133. Рубцова, Л.Ю. Особенности изменения диаметра эритроцитов в крови спортсменов в условиях физической нагрузки / Л.Ю. Рубцова, Н.Н. Потолицына, Н.П. Монгалёв // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 121-141.

134. Рыбина, И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Вестник новых медицинских технологий, Электронное издание. – 2016. – № 1. – С. 135–139.

135. Рыбина, И.Л. Физиологические значения активности креатинфосфокиназы у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 6. – С. 36–41.

136. Семашко, Л.В. Изменения психофизиологических показателей и функционального состояния кардио-респираторной системы у детей и подростков, занимающихся по "методике психофизиологической адаптации к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам" / Л.В. Семашко, Н.Б. Панкова, М.Ю. Карганов // Вестник восстановительной медицины. – 2010. – № 2. – С. 41-45.

137. Скелетные мышцы и физическая работоспособность человека / А.А. Мельников, В.Д. Сонькин, Е.В. Фомина, А.В. Козлов // Москва: РУС «ГЦОЛИФК». – 2023. – 260 с.

138. Современные представления о здоровье и методах его оценки / Айзман Р.И., Айзман Н.И., Лебедев А.В., Рубанович В.Б. // Образование: традиции и инновации. – 2022. – Т. 39, №4 – С.70-74.

139. Сонькин, В.Д. Проблема оценки физической работоспособности детей и подростков / В.Д. Сонькин, Г.М. Маслова // Новые исследования. – 2008. – № 3. – С. 43-51.

140. Сонькин, В.Д. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе / В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – Т. 1, № 10. – С. 89.

141. Сонькин, В.Д. Современные достижения и перспективы развития физиологии спортивной деятельности / В.Д. Сонькин // Фундаментальные и прикладные исследования физической культуры, спорта, олимпизма: традиции и инновации: Сборник научных и научно-методических статей: в 2-х томах, Москва, 30–31 мая 2018 года. Том II. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК)". – 2018. – С. 345-356.

142. Состояние гемодинамических показателей у первокурсников с различным типом вегетативной регуляции в период адаптации к обучению / А.П. Спицин, Н.Е. Кушкова, А.Д. Железнова, О.И. Матрохина // Эпомен: медицинские науки. – 2022. – № 5. – С. 156-173.

143. Специализированные возрастные и квалификационные характеристики эффективной адаптации, отбора по перспективности и в сборные команды в системе подготовки спортивного резерва / В.В. Эрлих, Исаев А.П., Ненашева А.В., Кораблева Ю.Б. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S1. – С. 32-37.

144. Сравнительная оценка антропометрических, метаболических и гормональных характеристик организма юношей призывного возраста с дефицитом массы тела и ожирением / Н.И. Михайлова, Б.Б. Пинхасов, М.Ю. Сорокин, Ю.В. Лутов // Физиология человека. – 2022. – Т. 48, № 5. – С. 72-81.

145. Сравнительная оценка показателей кислородтранспортной системы крови и метаболической адаптации у юношей с разной физической активностью, проживающих на территории урбанизированного севера / В.И. Корчин, Е.П. Федорова, Т.Я. Корчина, А.В. Ратиев // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 41-50.

146. Сравнительная характеристика параметров внешнего дыхания юных спортсменов циклических видов спорта / Н.С. Ярмолук, Е.А. Бирюкова, Э.Р. Джелдубаева, Е.И. Нагаева // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 281-290.

147. Суботьялов, М.А. Морфофункциональные и психофизиологические особенности юношей г. Новосибирска в зависимости от типа конституции / М.А. Суботьялов // Морфология. – 2020. – Т. 158, № 4. – С. 87-92.

148. Суджаева, О.А. Сравнительная эффективность физических тренировок на велоэргометре и тредмиле у пациентов с артериальной гипертензией по влиянию на толерантность к физической нагрузке / О.А. Суджаева, С.Г. Суджаева // Кардиология в Беларуси. – 2015. – № 3. – С. 101-107.

149. Терещенко, В.В. Физическая работоспособность и типы гемодинамических реакций у лиц молодого возраста при субмаксимальной нагрузке велоэргометрии / В.В. Терещенко // Проблемы экологической и медицинской генетики и клинической иммунологии. – 2022. – Т. 170, № 2. – С. 235-245.

150. Тишутин Н.А. Вегетативный баланс в оценке функционального состояния организма: монография / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич, Т.Ю. Крестьянинова // Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова. – 2022. – С. 177.

151. Тучные клетки миокарда и адаптация сердца к физической нагрузке / О.С. Арташян, Ю.С. Храмцова, Н.В. Тюменцева, Б.Г. Юшков // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 34-41.

152. Удельная интенсивность физиологических затрат при циклической работе различной мощности / А.В. Козлов, А.В. Ваваев, А.В. Якушкин, А.И. Лаптев // Физиология человека. – 2022. – Т. 48, № 1. – С. 18-25.

153. Уилмор, Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл // Киев: Олимпийская литература. – 2001. – 503 с.

154. Физическая работоспособность и состояние иммунограммы обучающихся, перенесших covid-19 / Н.В. Котова, В.А. Зурочка, С.Л. Сашенков, В.А. Колупаев // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № S1. – С. 20-28.

155. Фудин Н.А. Влияние гиповентиляционного дыхания на кардиореспираторные показатели у лиц с различным исходно-преобладающим вегетативным тонусом при выполнении физической работы до отказа / Н.А. Фудин, С.Я. Классина // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 128-134.

156. Функциональные резервы нервно-мышечного аппарата и взаимодействия физиологических и биомеханических параметров при выполнении тяжелоатлетических упражнений / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, Г.Н. Тер-Акопов // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № S1. – С. 7-11.

157. Харитонов, Л.Г. Теоретическое и экспериментальное обоснование типов адаптации в спортивном онтогенезе лыжников-гонщиков / Л.Г. Харитонов, В.И. Михалев, Ю.В. Шкляев // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 10. – С. 24-28.

158. Хватова, М.В. Физиологические механизмы адаптации студентов к различным образовательным средам / М.В. Хватова, Е.В. Волкова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 181-182.

159. Христова, Т.Е. Влияние физических нагрузок на обмен веществ и гормональный статус людей с разным соматотипом / Т.Е. Христова // Физическое воспитание студентов. – 2012. – № 6. – С. 131-135.

160. Царев, Н.Н. Оптимизация уровня здоровья студентов средствами физической культуры / Н.Н. Царев // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. – № 1. – С. 152-160. – DOI: 10.24411/2075-4094-2019-16330.

161. Чанчаева, Е.А. Взаимосвязь индекса Кетле с компонентным составом тела (мышечным, жировым, костным) студентов различного уровня физической подготовки / Чанчаева Е.А., Сидоров С.С., Козлов А.В., Водолеева В.А., Айзман Р.И. // Сибирский научный медицинский журнал. – 2020. – Т. 40, № 2. – С. 86-90.

162. Частота сердечных сокращений, потребление кислорода и артериальное давление у лыжников разной квалификации в тесте "до отказа" / Н.Г. Варламова, Т.П.

Логинова, И.О. Гарнов, А.А. Черных // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 53-61.

163. Щанкин, А.А. Эволютивный соматотип и парадоксальные реакции системы кровообращения на физическую нагрузку / А.А. Щанкин, О.А. Кошелева // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 3. – С. 31-34.

164. Щедрин, А.С. Тип мышечной работоспособности и оценка адаптивных реакций человека / А.С. Щедрин // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 4. – С. 104.

165. Экспериментальные исследования физической работоспособности в измененной газовой среде в работе до отказа / Е.В. Никенина, И.В. Алексеева, А.Ю. Козлов, Н.А. Фудин // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2023. – Т. 17, № 4. – С. 103-108.

166. Юров, И.А. Взаимосвязь физических качеств и психологических свойств спортсменов / И.А. Юров // Вестник спортивной науки. – 2013. – № 3. – С. 23-28.

167. Яружный, Н.В. Максимальные энергетические возможности при мышечной деятельности у школьников 17-18 лет / Н.В. Яружный // Новые исследования по возрастной физиологии. М.: Педагогика. – 1986. – Т. 26, № 1. – С. 51-54.

168. Ярышева, В.Б. Генетические предикторы адаптации сердечно-сосудистой системы подростков к физическим нагрузкам / В.Б. Ярышева, Д.З. Шибкова // Казанский медицинский журнал. – 2017. – Т. 98, № 1. – С. 63-66.

169. Ярышева, В.Б. Генетические предикторы адаптации сердечно-сосудистой системы подростков к физическим нагрузкам / В.Б. Ярышева, Д.З. Шибкова // Казанский медицинский журнал. – 2017. – Т. 98, № 1. – С. 63-66.

170. A Lactate Kinetics Method for Assessing the Maximal Lactate Steady State Workload / H. Gernot, H. Ewald, R. Hartmut, S. Jens // Frontiers in Physiology. – 2018. – V, 9. – P. 1-11.

171. Alkandari, J.R. Somatotype Components, Aerobic Fitness and Grip Strength in Kuwaiti Males and Females / J.R. Alkandari, M.B. Nieto // *Health*. – 2016. – V. 8, N.13. – P. 1349-1355.
172. Allen, D.G. Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms / D.G. Allen, G.D. Lamb, H. Westerblad // *Physiol. Rev.* – 2008. – V. 88, № 1. – P. 287-322.
173. Anthropometric Characteristics, Body Composition and Somatotype of Elite Pan-American Race Walking 20K / O. Espinoza-Navarro, P.A. Lizana, A. Gómez-Bruton, L. Brito-Hernández // *Int. J. Morphol.* – 2019. – V. 37, № 4. – P. 1220-1225.
174. Assessment of the functional state and physical performance of young men aged 14-16 years in the process of orienteering training / Y. Galan, Y. Moseichuk, I. Kushnir, L. Lohush // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2019. – V. 6. – P. 2127-2132.
175. Association Between Energy Balance and Metabolic Hormone Suppression During Ultraendurance Exercise / B. Geesmann, J.C. Gibbs, J. Mester, K. Koehler // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2017. – V. 12, № 7. – P. 984-989.
176. Banfi, G. Serum creatinine concentration and creatinine-based estimation of glomerular filtration rate in athletes / G. Banfi, M. Del Fabbro, G. Lippi // *Sports Med*. 2009. – Vol. 39, № 4. – P. 331–337.
177. Bar-Or, O. The Wingate anaerobic test: an update on methodology, reliability and validity / O. Bar-Or // *Sports Med*. – 1987. – V. 4. – P. 381-394.
178. Bertuccioli, A. A new strategy for somatotype assessment using bioimpedance analysis in adults / A. Bertuccioli, S.D. Zeppa, S.A. Amatori // *F. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 2022. – V. 62, № 2. – P. 296–297.
179. Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes / P. Bale, J.L. Mayhew, F.C. Piper, T.E. Ball // *Sports Med Phys Fitness*. – 1992. – V. 32. – P. 142-148.
180. Bosquet, L. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature / L. Bosquet, S. Merkari, D. Arvisais // *Br. J. Sports Med.* – 2008. – V. 42. – P. 709-714.

181. Burnley, M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance / M. Burnley, A.M. Jones // *European Journal of Sport Science*. – 2018. – Vol. 18, № 1. – P. 1-12.
182. Cady, E.B. Changes in force and intracellular metabolites during fatigue of human skeletal muscle / E.B. Cady, D.A. Jones, J. Lynn // *The Journal of physiology*. – 1989. – V. 418. – P. 311-325.
183. Carter, J.E.L. Somatotyping Development and Applications / J.E.L. Carter, B.H. Heath // Cambridge University Press: Cambridge. UK. 1990.
184. Cheng, A.J. Post-exercise recovery of contractile function and endurance in humans and mice is accelerated by heating and slowed by cooling skeletal muscle / A.J. Cheng, S.J. Willis, C. Zinner // *J. Physiol.* – 2017. – V. 595, № 2. – P. 7413-7426.
185. Cheng, B. A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds / B. Cheng, H. Kuipers, A.C. Snyder // *International journal of sports medicine*. – 1992. – V.13, № 7. – P. 518-522.
186. Choudhary, S. Somatotypes of Indian Athletes of Different Sports / S. Choudhary, S. Singh, I. Singh // *Online J Health Allied Sci.* – 2019. – V. 18. – P. 1.
187. Chung, Y. Physiological and Psychological Effects of Treadmill Overtraining Implementation / Y. Chung, Y.T. Hsiao, W.C. Huang // *Biology (Basel)*. – 2021. – V. 10, № 6. – P. 515.
188. Conconi, F. Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners / F. Conconi, M. Ferrare, P.G. Ziglio // *Journal of Applied Physiology*. – 1982. – V. 52, № 4. – P. 869-873.
189. Correlation of maximum oxygen consumption with component composition of the body, body mass of men with different somatotypes aged 25-35 / V.M. Miroshnichenko, Y.M. Furman, O.Yu. Brezdeniuk, V.E. Onyshchuk // *Pedagogy of Physical Culture and Sports*. – 2020. – V. 24, № 6. – P. 290-296.
190. Da Palma, R.K. Resistance or aerobic training decreases blood pressure and improves cardiovascular autonomic control and oxidative stress in hypertensive menopausal

rats / R.K. Da Palma, I.C. Moraes-Silva, D. Da Silva Dias // *Appl. Physiol.* – 2016. – Vol. 121, № 4. – P. 1032-1038.

191. Driss, T. The Measurement of Maximal (Anaerobic) Power Output on a Cycle Ergometer: A Critical Review / T. Driss, H. Vandewalle // *Biomed Res Int.* – 2013. – V. 2013. – P. 589361.

192. Durstine, J.L. Effect of aerobic exercise training on serum levels of highdensity lipoprotein cholesterol: a meta-analysis / J.L. Durstine // *Clin. J. Sport Med.* – 2008. – V. 18, № 1. – P. 107-8.

193. Editorial: Muscle oxygenation and vascular adaptations in sports performance and rehabilitation / R. Yáñez-Sepúlveda, D. Rojas Valverde, J.A. Parraca, F. Billaut // *Front. Physiol.* – 2024. – V. 15.

194. Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials / S.P. Whelton, A. Chin, X. Xin, J. He // *Ann. Intern. Med.* – 2002. – V. 136. – P. 493-503.

195. Endothelium-derived oxidative stress may contribute to exercise-induced muscle damage / J.A.R. Durarte, H.J. Appell, F. Carvalho, M. Bastos // *Int. J. Sports Med.* – 1993. – Vol. 14. – P. 440-3.

196. Ergen, E. The relationship of maximal alactacid anaerobic power to somatotype in trained subjects / E. Ergen // *British Journal of Sports Medicine.* – 1986. – V. 19. – P. 221.

197. Finsterer, J. Reproducibility of the Lactate Stress Test / J. Finsterer // *Metabolic Brain Disease.* – 2003. – V. 18. – P. 155-160.

198. Freanzini, L. Dietary antioxidant and glucose metabolism / L. Freanzini, D. Ardigo, I. Zavaroni // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Met. Care.* – 2008. – Vol. 11. – P. 471.

199. Fuster, V. Somatotype and physical performance in a sample of university students from Madrid / V. Fuster // *International Journal of Anthropology.* – 1998. – V. 13. – P. 149-158.

200. Grgic, J. The Effects of Low-Load vs. High-Load Resistance Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Meta-Analysis / J. Grgic // *Journal of Human Kinetics*. – 2020. – Vol. 74. – P. 7-20.

201. Gupta, A. Using Traditional Typologies to Understand Posture Movement and Cognitive Performance - A cross sectional study / A. Gupta, R. Garg, V. Singh // *Int J Yoga*. – 2022. – V. 15, N. 2. – P. 106-113.

202. Gutnik, B. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations / B. Gutnik, A. Zuoza, I. Zuoziene // *Medicina*. – 2015. – Vol. 51. – P. 247.

203. Heuberger, J.A.A.C. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports / J.A.A.C. Heuberger, P. Gal, F.E. Stuurman // *PLoS One*. – 2018. – V. 13, № 11.

204. Influence of physical activity of the maximum aerobic power on hemo-dynamic and morpho-biochemical of change of erythrocytes of female volleyball players / B.M. Mytckan, V.P. Verbovyi, R.Ya. Chovhan, N.O. Zemska // *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*. – 2018. – № 5. – P. 272-279.

205. Jones, A.M. The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners / A.M. Jones, J.H. Dous // *J. Sports Sci*. – 1997. – V. 15, № 4. – P. 385-394.

206. Joshua, T. Lactate: valuable for physical performance and maintenance of brain function during exercise / T. Joshua // *Bioscience Horizons*. – 2014. – V. 7.

207. Joyner, M.J. Regulation of increased blood flow (hyperemia) to muscles during exercise: a hierarchy of competing physiological needs / M.J. Joyner, D.P. Casey // *Physiol Rev*. – 2015. – Vol. 95, № 2. – P. 549-601.

208. Kandel, M. Somatotype, training and performance in ironman athletes / M. Kandel, J.P. Baeyens, P. Clarys // *European Journal of Sport Science*. – 2014. – V. 14. – P. 301.

209. Kelley, G.A. Aerobic exercise, lipids, and lipoproteins in men: a meta-analysis of randomized controlled trials / G.A. Kelley, K.S. Kelley // *J. Mens Health Gend*. – 2006. – Vol. 3, № 1. – P. 61-70.

210. Kimura, T. NOS3 genotype-dependent correlation between blood pressure and physical activity / T. Kimura, T. Yokoyama, Y. Matsumura // *Hypertension*. – 2003. – Vol. 41. – P. 355-360.
211. Lange-Anderson, K. Fundamentals of exercise testing / K. Lange-Anderson, R.J. Shephard, H. Denalin // World Health Organization. Geneva. – 1971.
212. Lehmann, M. Overload, performance incompetence, and regeneration in sport / M. Lehmann, C. Foster, U. Gastmann // New York: Kluwer Academic/Plenum publishers. – 1999. – 218 p.
213. Liping, Y. Themes and trends in marathon performance research: a comprehensive bibliometric analysis from 2009 to 2023 / Y. Liping, C. Ziyang, Z. Xue // *Frontiers in Physiology*. – 2024. – P. 1-9.
214. Maguire, J. The social construction and impact of champions / J. Maguire // *Sport in Society*. – 2009. – V. 12, №. 9. – P. 1250-1264.
215. Margaria, R. Biochemistry of muscular contraction and recovery / R. Margaria // *J. Sports Med. And Physical Fitness*. – 1963. – V. 3. – P. 145.
216. Margaria, R. Biomechanics and energetics of muscular exercise / R. Margaria // Clarendon Press Oxford. – 1976. – 144 p.
217. Mocanu, G.D. Variations of explosive strength for the students of the faculty of physical education and sports depending on the type of sports activities / G.D. Mocanu, G. Murariu // *Journal of Mens Health*. – 2023. – V. 19. – P. 43-55
218. Mujika, I. An Integrated, Multifactorial Approach to Periodization for Optimal Performance in Individual and Team Sports / I. Mujika, S. Halson, M. Louise // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2018. – V. 13, №. 5. – P. 538-561.
219. Multidimensional Monitoring of Recovery Status and Implications for Performance / J. Heidari, J. Beckmann, M. Bertollo, M. Brink // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2019. – V. 14. – P. 2-8.
220. Muscle-strengthening activities and cancer incidence and mortality: a systematic review and meta-analysis of observational studies / W. Nascimento, G. Ferrari,

C. Martins, J. Rey-Lopez // *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. – 2021. – V. 18. – P. 69.

221. Nikbakht, M. Relationships between somatotype, anthropometry and physical fitness variables in untrained university students / M. Nikbakht // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2011. – V. 11. – P. 101-104.

222. Norton, K. Biomarkers of Physiological Responses to Periods of Intensified, Non-Resistance-Based Exercise Training in Well-Trained Male Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis / K. Norton // *Sports Med*. – 2018. – V. 48, № 11. – P. 2517-2548.

223. Pierpont, G.L. Pathophysiology of exercise heart rate recovery: a comprehensive analysis / G.L. Pierpont, S. Adabag, D. Yannopoulos // *Ann. Noninvasive Electrocardiol*. – 2013. – V. 18, № 2. – P.107-17.

224. Pitsavos, C. The impact of moderate aerobic physical training on left ventricular mass, exercise capacity and blood pressure response during treadmill testing in borderline and mildly hypertensive males / C. Pitsavos, C. Chrysohoou, M. Koutroumbi // *Hellenic J. Cardiol*. – 2011. – V. 52. – P. 6-14.

225. Platelet chemiluminescence during physical exercise of various intensity / V.I. Sergienko, S.A. Kantyukov, E.N. Ermolaeva, S.L. Sashenkov // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. – 2019. – V. 167, № 6. – P. 732-734.

226. Ricci, B. Oxygen uptake and blood lactate relationship in subjects of vastly different somatotype / B. Ricci // *European Journal of Applied Physiology*. – 1963. – V. 20. P. – 173-177.

227. Robergs, R.A. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis / R.A. Robergs, F. Ghiasvand, D. Parker // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. – 2004. – V. 287. – P. 502-516.

228. Sandra, A. Exercise blood pressure and future cardiovascular death in asymptomatic individuals / A. Sandra, S. Weiss Roger, A. Blumenthal // *Circulation*. – 2010. – Vol. 121. – P. 2109-2119.

229. Schmitt, L. Altitude, Heart Rate Variability and Aerobic Capacities / L. Schmitt, J.P. Fouillot, G.P. Millet // *Int. J. Sports Med.* – 2007. – V. 28. – P. 301-309.
230. Seravalle, G. Sympathetic nerve traffic and baroreflex function in optimal, normal and highnormal blood pressure states / G. Seravalle, L. Lonati, S. Buzzi // *J. Hypertens.* – 2015. – Vol. 33. – P. 1411-1417.
231. Silventoinen, K. Genetics of somatotype and physical fitness in children and adolescents / K. Silventoinen, J. Maia, A. Jelenkovic // *Am J Hum Biol.* – 2020. – e23470.
232. Skeletal muscle signature of a champion sprint runner / S. Trappe, N. Luden, K. Minchev, U. Raue // *J Appl Physiol.* – 2015. – V. 118, № 12. – P. 1460-1466.
233. Skinner, J.S. The transition from aerobic to anaerobic metabolism / J.S. Skinner, T.H. McLellan // *Res.Quart.Exerc. Sport.* – 1980. – V. 51, № 1. – P. 234-248.
234. Sonkin, V.D. Brown Adipose Tissue Participate in Lactate Utilization during Muscular Work / V.D. Sonkin, E.B. Akimov, R.S. Andreev // *icSPORTS. Proceedings of the 2-nd Intern. Congress on Sports Sciences Research and Technology Support.* – 2014. – P. 97-102.
235. Sotero, R.C. Blood glucose minimum predicts maximal lactate steady state on running / R.C. Sotero, E. Pardono, R. Landwehr // *International Journal of Sports Medicine.* – 2009. – V. 30, № 9. – P. 643-646.
236. Stewart, H.R. The influence of somatotype on anaerobic performance / H.R. Stewart, J. Faulkner, S.A. Jobson // *PLoS One.* – 2018. – V. 13.
237. The effect of high load training on psychomotor speed / E. Nederhof, K. Lemmink, J. Zwerver, T. Mulder // *Int. J. Sports Med.* – 2007. – V. 28. – P. 595-601.
238. The relationship between BMI and physical fitness among 7451 college freshmen: a cross-sectional study in Beijing / T. Guo, S. Shen, S. Yang, F. Yang // *China. Front. Physiol.* – 2024.
239. Todd, J.J. Lactate: valuable for physical performance and maintenance of brain function during exercise / J.J. Todd // *Bioscience Horizons: The International Journal of Student Research.* – 2014. – V. 7.

240. Wasserman, K. Principles of Exercise Testing and Interpretation / K. Wasserman, J.E. Hansen, D.Y. Sue // Lipincott, Williams & Wilkins, Baltimore. Maryland. – 1999. – P. 551.