

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

**Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич,
Т.Ю. Крестьянинова**

**ВЕГЕТАТИВНЫЙ БАЛАНС
В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА**

Монография

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2022*

УДК 611.8+612.81
ББК 28.706.991.4+28.707.391.7,04
Т47

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 4 от 05.05.2022.

Одобрено научно-техническим советом ВГУ имени П.М. Машерова. Протокол № 7 от 06.06.2022.

Авторы: аспирант кафедры физиологии и биохимии БГУФК **Н.А. Тишутин**; профессор кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины ВГУ имени П.М. Машерова, доктор медицинских наук, профессор **Э.С. Питкевич**; доцент кафедры психологии ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **Т.Ю. Крестьянинова**

Р е ц е н з е н т ы :

заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПК и ПК УО «ВГМУ», доктор медицинских наук, профессор *В.С. Глушанко*; профессор кафедры химии и естественнонаучного образования ВГУ имени П.М. Машерова, доктор биологических наук, профессор *А.А. Чиркин*; доцент кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины УО «ГрГУ имени Янки Купалы», кандидат медицинских наук, доцент *А.И. Шпаков*

Тишутин, Н.А.

Т47 **Вегетативный баланс в оценке функционального состояния организма : монография / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич, Т.Ю. Крестьянинова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2022. – 177 с. ISBN 978-985-517-917-8.**

Монография посвящена изучению функционального состояния организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, с учетом воздействия различных факторов. Для оценки функционального состояния организма предложен способ, основанный на применении методов вариабельности сердечного ритма в интерпретации результатов пробы Мартине–Кушелевского. Выделены типы динамики вегетативного баланса после выполнения данной пробы, а также описаны группы с различным уровнем функционального состояния организма. Показана необходимость учета вегетативной регуляции как одного из наиболее объективных маркеров оптимальности адаптации организма, с исходным уровнем которой связана даже эффективность поддержания позы. Представлены возможности прикладного применения данного способа для динамического контроля за уровнем функциональной готовности организма спортсменов к выступлению на соревнованиях, а также для изучения готовности студентов к обучению.

Предназначена для специалистов в области спортивной медицины, тренеров, преподавателей физической культуры, спортсменов.

УДК 611.8+612.81
ББК 28.706.991.4+28.707.391.7,04

ISBN 978-985-517-917-8

© Тишутин Н.А., Питкевич Э.С., Крестьянинова Т.Ю., 2022
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1 Функциональное состояние организма и его трак- товка в современной науке	10
1.1 Подходы к оценке функционального состояния организма	10
1.2 Способы оценки функционального состояния организма	12
1.2.1 Проба Мартине–Кушелевского в классическом варианте выполнения	29
1.2.2 Вариабельность сердечного ритма как способ повышения объективности в оценке функционального состояния организма ...	35
1.3 Проблема объективной интерпретации функционального состояния организма	38
ГЛАВА 2 Особенности изменения гемодинамических показателей и вариабельности сердечного ритма после выполнения дозиро- ванной физической нагрузки	40
2.1 Сравнительный анализ состояния и изменения гемодинамических показателей после дозированной физической нагрузки у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом	40
2.2 Изменение показателей вариабельности ритма сердца после выполнения дозированной физической нагрузки	53
2.3 Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении дозированной физической нагрузки у лиц с различным исходным вегетативным статусом	64
2.4 Устойчивость сформированного функционального состояния организма после выполнения дозированной физической нагрузки ..	79
ГЛАВА 3 Способ оценки функционального состояния орга- низма на основе анализа изменений вариабельности сердеч- ного ритма после пробы Мартине–Кушелевского	84
3.1 Способ оценки функционального состояния организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки	84
3.2 Оценка функционального состояния организма студентов- первокурсников ФФК и С по данным динамики восстановления вегетативного баланса после дозированной физической нагрузки ...	92
3.3 Функциональное состояние студенток УО «ВГАВМ» по данным восстановления вегетативного баланса после нагрузочной пробы с учетом выраженности типа поведения «А»	105
3.4 Связь вегетативной регуляции сердечного ритма с эффективно- стью поддержания постурального баланса спортсменов	111

ГЛАВА 4 Применение способа оценки функционального состояния организма в решении прикладных задач	116
4.1 Функциональная готовность организма спортсменов к успешному выступлению на соревнованиях	116
4.1.1 Сравнительный анализ функциональной готовности организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом	121
4.1.2 Исследование функциональной готовности организма спортсменов-легкоатлетов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса	127
4.2 Оценка готовности студентов к обучению в высшем учебном заведении	136
4.2.1 Сравнительный анализ готовности студентов различных факультетов к обучению в учреждении высшего образования	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	159
ПРИЛОЖЕНИЯ	171

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АГ – артериальная гипертензия
АД – артериальное давление
АДс – артериальное давление систолическое
АДд – артериальное давление диастолическое
ВИК – вегетативный индекс Кердо
ВНС – вегетативная нервная система
ВСП – вариабельность сердечного ритма
ИН – индекс напряженности
КИ – кардиоинтервал
КМС – кандидат в мастера спорта
МОК – минутный объем крови
ПАК – программно-аппаратный комплекс
ССС – сердечно-сосудистая система
СР – сердечный ритм
ТСК – тип саморегуляции кровообращения
УО – ударный объем
УОК – ударный объем крови
ФГ – функциональная готовность
ФС – функциональное состояние
ФСО – функциональное состояние организма
ЧСС – частота сердечных сокращений

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к проблеме функционального состояния (ФС) человека обусловлен его связью с такими физиологическими понятиями, как работоспособность, утомление и восстановление [1]. В исследованиях ФС пересекаются пути многих наук, таких как физиология, психология, педагогика, социология, а также практически все разделы медицины [1; 2]. Это огромное пространство для всевозможных исследований, модификаций, открытий, поэтому ежегодно публикуется множество работ, связанных с функциональным состоянием. На сегодняшний день накоплен большой объем данных об исследованиях функционального состояния человека, эта сфера столь привлекательна для ученых еще и потому, что ее результаты актуальны практически во всех сферах жизнедеятельности. Несмотря на столь значительные знания о функциональном состоянии, которые имеются, постоянное развитие технологий в сфере искусственного интеллекта толкает на поиск новых, более объективных и точных способов оценки функционального состояния. В этой связи О.Н. Кудря (2014) считает поиск простых и информативных методов контроля за функциональным состоянием одним из важнейших и перспективных направлений научных исследований [3; 4].

Понятие «функциональное состояние организма» используется в научной литературе довольно часто. Определение этой категории не всегда приводится в работах, подразумевается, что толкование его общеизвестно. Однако термин встречается в различных отраслях медицинской науки, чаще всего в физиологии, при оценке какой-либо биологической системы (система внешнего дыхания, кровообращения, центральная нервная, пищеварительная системы). Профессор А.П. Парахонский считает, что «...исходя из определения физиологии как науки, изучающей жизнедеятельность целостного организма его частей и взаимодействие его с окружающей средой, можно полагать, что наряду с функциональным состоянием “частей организма” существует категория функционального состояния целостного организма или ФСО. Отсутствие в физиологическом лексиконе термина ФСО связано с двумя обстоятельствами. Это недостаточность наших знаний об интегративной деятельности организма и отсутствие методов контроля таковой с одновременным уклоном современных исследований в сторону изучения частностей...» [5, с. 126]. Понятие ФС можно считать абстрактной категорией, но в медицине и физиологии принято употреблять конкретные термины, имеющие точную структурно-функциональную проекцию на организм. Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина, при оценке здоровья необходимо рассматривать организм как открытую неравновесную неиерархическую систему, для которой характерна фрактальность функций. С использованием данной методологии оценки здоровья можно по-новому

взглянуть на механизмы патологии, при этом интегральный подход позволяет с новых позиций рассматривать широко используемые понятия и термины, а также давать им более точную патофизиологическую характеристику [5]. Таким образом, согласно А.П. Парахонскому, «...категории, которые характеризуют динамическое состояние биологической системы, могут быть объединены понятием “функциональное состояние организма – ФСО”. Это понятие содержит в себе определенное диалектическое противоречие, так как речь идет одновременно о функции как динамическом процессе и о “состоянии” или “статусе” как статической характеристике живой системы, которая представлена выше категориями “здоровье–болезнь”. То есть речь идет о непрерывно-дискретных характеристиках живой системы при ее взаимодействии с внешней средой, в том числе с патогенными факторами. Исходя из изложенного выше, следует, что ФСО – это интегральная характеристика состояния здоровья, которая отражает адаптивные возможности организма и оценивается по данным изменений функций и структур в текущий момент при взаимодействии с факторами внешней среды...» [5, с. 127].

В широком смысле под функциональным состоянием организма понимаются интегральные проявления его приспособительных свойств и качеств в процессе адаптации к факторам окружающей среды [1]. Многие ученые сходятся во мнении о том, что именно сердечно-сосудистая система (ССС) является ведущим звеном в осуществлении адаптационных процессов в организме, которые запускаются при воздействии факторов внешней среды [2; 3; 6]. Еще с 60-х годов XX века и до настоящего времени сердечно-сосудистую систему с ее регуляторным аппаратом принято рассматривать как маркер оценки адаптационных процессов всего организма в целом (В.В. Парин, Р.М. Баевский, О.Г. Газенко, 1967). А в спорте, как отмечает Ю.В. Щубик, эта система является основным показателем контроля за течением тренировочного процесса и прогнозированием возможного спортивного результата [7]. Однако для объективной оценки ФС организма недостаточно исследования частоты сердечных сокращений или значений артериального давления, поскольку эти показатели чрезвычайно лабильны и чувствительны влиянию факторов окружающей среды, не говоря о постоянных динамических перестройках внутри организма. Вместе с тем данные, безусловно важные, характеристики деятельности сердечно-сосудистой системы являются результирующими деятельности большого количества регуляторных систем, что затрудняет четкую интерпретацию для определенного уровня их функционирования. Поэтому мы считаем целесообразным оценивать деятельность одной регуляторной системы, которая является важнейшим звеном в формировании ритма сердца и артериального давления, а также играющей ведущую роль в формировании ФС организма – вегетативной нервной системы (ВНС). По мнению авторов (Р.М. Баевский, 1984; В.И. Баландин и соавт., 1986; В.Е. Рябыкина; А.В. Соболев, 2001), вегетативная нервная

система, также как и сердечно-сосудистая система, играет важную роль в формировании функционального состояния, поскольку выраженность изменений параметров этих систем объективно отражает физиологическую цену деятельности. Исследователь О.Н. Кудря отмечает важность выполнения ВНС адаптационно-трофической роли в регуляции физиологических функций организма [3; 4]. Именно функциональные возможности вегетативной нервной системы, что неоднократно в своих исследованиях отмечает Ф.А. Иорданская, являются определяющими в способности организма человека выполнять физические нагрузки, а также они отвечают за регулирование восстановительных процессов после их выполнения [8].

Исследование деятельности ВНС организма человека сегодня неразрывно связано с изучением сердечного ритма, в частности с методами анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). С использованием методов исследования вариабельности сердечного ритма демонстрируются общая активность регуляторных механизмов, нейрогуморальная регуляция сердца, а также соотношение между активностью парасимпатического и симпатического звена ВНС [9, с. 12]. В этом отношении, изучая особенности вегетативной регуляции сердечного ритма, по данным вариабельности ритма сердца, мы даем характеристику уровню функционирования вегетативной нервной системы [10].

В настоящее время прослеживается тенденция создания все более универсальных и точных способов оценки функционального состояния организма. Исходя из этого, в данной монографии с использованием методов исследования вариабельности сердечного ритма предлагается проводить интерпретацию результатов Мартине–Кушелевского (проба с физической нагрузкой). В итоге будет получен широко информативный способ оценки функционального состояния организма. То есть исходный уровень функционирования ССС и ее регуляторных механизмов дополняется данными о реакции ВНС на пробу с физической нагрузкой, а также о скорости восстановления исходного уровня посредством интерпретации изменений значений показателей вариабельности сердечного ритма.

В данной работе представлен литературный обзор, касающийся современного состояния в вопросах изучения ФС организма, а также имеющихся на данный момент подходов к его оценке. Рассмотрена проблема объективной интерпретации функционального состояния организма, а также трудности внедрения разработанных способов в практику. В практической части настоящей работы представлены данные по оценке гемодинамических показателей у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, в исходном состоянии, а также в процессе восстановления после пробы Мартине–Кушелевского. Показаны изменения ВСР после выполнения пробы с физической нагрузкой, а также рассмотрены особенности данных изменений в зависимости от исходного вегетативного статуса. Представлена теоретическая модель

предлагаемого способа оценки функционального состояния организма. Выделены три типа динамики вегетативного баланса после нагрузочной пробы, а также основанные на них четыре группы по уровню функционального состояния организма. С использованием данного способа показаны результаты оценки функционального состояния студентов-первокурсников спортивного профиля обучения. Рассмотрено ФС студентов неспортивного профиля обучения с учетом типа их поведения. Кроме того, представлены прикладные аспекты применения разработанного способа в оценке функциональной готовности организма спортсменов к спортивной деятельности, а также готовности студентов к обучению в высшем учебном заведении.

В целом данный научный труд есть попытка объединения общепринятого способа изучения состояния регуляторных механизмов и классической нагрузочной пробы Мартине–Кушелевского с целью разработки простого в использовании, но в то же время объективного и широко информативного способа оценки ФС организма.

Глава 1

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА И ЕГО ТРАКТОВКА В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

1.1 Подходы к оценке функционального состояния организма

Поскольку в качестве объекта исследования в настоящей работе выступает функциональное состояние организма, поэтому, прежде всего, требуется объяснить, что подразумевается под термином «функциональное состояние организма» сегодня.

В отечественной и мировой науке имеются различия во взглядах на то, что именно считать функциональным состоянием организма [11]. В западной литературе данная проблема исследуется в парадигме представлений об уровнях бодрствования и активации, чаще всего в рамках теории активации Д.Б. Линдсли [12]. В ее основе лежит сопоставление ФС человека с уровнем бодрствования, а ФС головного мозга с уровнем усиления либо уменьшения активности. В русскоязычной литературе исследования, посвященные изучению функционального состояния, в большинстве своем, связаны с работами И.П. Павлова. Он писал, что существование живых организмов в окружающей среде возможно только из-за его умения уравнивать свою внутреннюю среду с внешней путем активации определенных реакций в организме [2]. Также он считал, что результат этих реакций есть сформированное функциональное состояние, свойственное конкретным условиям окружающей среды.

Профессор Е.П. Ильин неоднократно указывал на интегрирующую функцию состояний в формировании функциональных систем и характеризовал функциональное состояние как реакцию функциональных систем организма на воздействия внешней и внутренней среды, с целью получения полезного результата [13]. По мнению советского физиолога П.К. Анохина, центральное звено любой системы есть результат ее функционирования – ее системообразующий фактор или, как называет его Е.П. Ильин, – полезный результат. Этим системообразующим фактором у П.К. Анохина выступает адаптация. То есть можно заключить, что ФС организма есть переменная, указывающая на уровень функционирования систем организма в текущий временной интервал, а также характеризующая гомеостатические особенности и процесс его адаптации [12].

В своем исследовании В.Д. Кряжев и соавт. описывают ФС как каскад физиолого-биохимических процессов, которые протекают в организме и считают, что оно крайне факторозависимое [14]. В интересующем нас контексте оценка уровня функционального состояния имеет крайне важное значение для спорта, так как обуславливает работоспособность спортсмена. Отмечается также, что с ростом спортивного мастерства растет и значение, которое имеет динамический контроль за ФС организма. Следовательно,

ведущими задачами для медико-биологического обеспечения процесса физической подготовки должны стать разработка и применение современных, с высоким уровнем объективности и информативности, методов контроля за уровнем функционального состояния организма [14].

В своих исследованиях А.В. Рябчук считает, что «...на функциональное состояние можно смотреть как на системный ответ организма, который обеспечивает его целесообразность требованиям деятельности. В результате этого оценка функциональных состояний решает задачу, которая связана с распознаванием многократного вектора, компонентами которого являются различные физиологические системы или показатели, а также реакции со стороны функциональных систем организма...» [15]. Каждое функциональное состояние может проявляться как уникальное сочетание показателей и реакций [16], поэтому его оценка и анализ – весьма трудная задача.

Если рассматривать ФС с позиции эргометрического подхода, то такое состояние организма должно оцениваться по результатам трудовой и профессиональной деятельности. В случае снижения ее результатов можно говорить об этом как о признаке ухудшения функционального состояния. При этом выделяют 2 класса функциональных состояний [16]:

1) состояние адекватной мобилизации, при котором системы организма работают в оптимальном режиме в полном соответствии с предъявляемыми требованиями;

2) состояние рассогласования, когда системы организма не полностью обеспечивают деятельность или работают на чрезмерно высоком уровне [16].

В первом случае имеется в виду «оперативный покой», который проявляется как особое состояние готовности к деятельности с одновременным повышением тонуса центральной нервной системы. Во втором случае это происходит во время экстремальных состояний [15] или состояний, сопровождающихся различными отклонениями в функционировании организма.

Таким образом, функциональное состояние организма нужно рассматривать с позиций физиологии и психофизиологии в условиях относительного покоя, при трудовой и спортивной деятельности, а оценивать его необходимо по комплексу связанных физиологических реакций [16].

По данным работ М.В. Хватовой, ФС можно рассматривать с двух совершенно разных позиций: объективная (физиологические реакции, протекающие для поддержания постоянства в организме), субъективная (различные психические явления, личностные характеристики). Следовательно, оценка ФС организма должна основываться на дифференциально-психологических принципах [11].

С целью диагностики уровня ФС организма часто применяют показатели, которые отражают деятельность той или иной системы или нескольких систем. Такой подход основан на анализе данных конкретного человека и сравнении его со среднестатистическим. В большинстве случаев этот подход достаточно эффективен. Однако его применение не всегда объективно

для оценивания состояния организма в целом, а также не позволяет получить информацию о том напряжении, на котором поддерживается то, кажущееся благополучие, что является принципиально важным для оценки ФС организма [17]. Схожего мнения придерживается В.М. Михайлов, который подтверждает, что анализ сердечного ритма только в состоянии относительного покоя не позволяет с объективностью и достоверностью оценивать состояние регуляторных систем. Чтобы иметь объективную информацию, необходимо дополнительно исследовать ритм сердца при функциональных пробах [18; 19]. Поэтому для оценки ФС в нашей работе используется функциональная проба, которая позволяет оценить эффективность функционирования как отдельной физиологической системы, так и всего организма в целом. Также хочется добавить, что организм человека есть очень сложная, высокоорганизованная и, что крайне важно, динамически изменяющаяся, причем каждая со своими индивидуальными особенностями, структура. Следовательно, для объективной оценки ФС организма необходимо учитывать как можно большее количество факторов, которые влияют на функционирование конкретного индивида. Но в то же время нужно помнить о том, что мы нуждаемся в быстром и неинвазивном способе оценки ФС, который можно было бы использовать еженедельно или даже ежедневно. Оптимально выдержать это равновесие является одной из самых трудных проблем, которые встают при разработке способов оценки функционального состояния организма.

1.2 Способы оценки функционального состояния организма

Чтобы объективно охарактеризовать функциональное состояние организма, необходимо всесторонне исследовать его функции с использованием различных проб и тестов, которые моделируют специфические факторы среды и предполагают изменение положения тела в пространстве [16].

В исследовании И.Р. Кулмагамбетова и соавт. показано, что «...изучение процессов регуляции в биологических системах особенно эффективно при проведении различных нагрузочных тестов, поскольку они позволяют исследовать механизмы перехода на новый уровень функционирования и определить функциональный резерв организма... Оказалось, что имеются индивидуальные особенности в нелинейной динамике сердечного ритма и связаны они с функциональными возможностями сердечно-сосудистой системы, способностью адекватно обеспечивать энергетический и метаболический ресурс. Полученные результаты показывают, что лица с различным количеством степеней свободы в последовательности кардиоинтервалов по-разному реагируют на внешние стимулы. Вегетативное обеспечение реакции зависит от исходного уровня “хаотичности” в регулируемой системе, этим также определяется и направленность регуляции. Оптимальное вегетативное обеспечение выявлено у лиц с некоторым средним значением

корреляционной размерности, и управление со стороны ВНС в этом случае направлено на увеличение “разнообразия” в динамике сердечного ритма или сохранение ее на некотором среднем уровне...» [20, с. 100–104].

Функциональные пробы начали использоваться в спортивной медицине еще в начале XX века. Первой функциональной пробой, применявшейся для исследования физкультурников, была проба ГЦИФКа, разработанная Д.Ф. Шабашовым и А.П. Егоровым в 1925 г. При ее проведении испытуемый выполнял 60 подскоков на месте, а реакция организма изучалась по данным сердечной деятельности. В последующем спортивные медики в значительной степени расширили арсенал используемых проб, заимствуя их из клинической медицины. В 30-е годы начали применяться многомоментные функциональные пробы, в которых испытуемые выполняли различную по интенсивности и характеру мышечную работу. В последующем появились более сложные тесты, выполнение которых требует специальной аппаратуры (тредбан, тредмил, велоэргометр и др.).

Функциональная проба – это нагрузка, которая предлагается испытуемому для оценки ФС какого-либо органа, системы или организма в целом. Применяется во время спортивно-медицинских обследований. Очень часто словосочетание «функциональная проба с физической нагрузкой» заменяют на термин «тестирование». И даже если проба и тест – это, по существу, синонимы (от англ. *teste* – проба), все-таки тест – это термин, который чаще употребляется в педагогике и психологии, так как с помощью него определяют работоспособность, уровень развития физических качеств и особенно личности. Уровень работоспособности организма напрямую связан с возможностями механизмов ее обеспечения, однако для педагога либо психолога при проведении тестирования ее оценка не обязательна. Напротив, для врача спортивной медицины изменения в работе организма при выполнении такой работы есть показатель уровня ФС организма. Здесь важно отметить, что даже при высоких показателях работоспособности, однако с выраженным напряжением систем регуляции, мы не можем заключать о высоком уровне функционального состояния данного организма [21].

Большинство функциональных проб, которые используются в оценке ФС организма, основывается на исследовании деятельности сердечно-сосудистых вегетативных рефлексов [22].

Функциональные пробы, иначе говоря, – это различные дозированные нагрузки и возмущающие воздействия, позволяющие получить объективные данные о функциональном состоянии физиологических систем организма [23].

При проведении одномоментных проб выполняется однократная физическая нагрузка. Различия между ними связаны с видом, продолжительностью и интенсивностью нагрузки.

Двухмоментные пробы предусматривают выполнение повторной нагрузки одинаковой или реже разной направленности с небольшим интервалом для отдыха, во время которого определяется реакция на первую нагрузку.

Трехмоментные (комбинированные) пробы основаны на определении адаптации аппарата кровообращения к различным по характеру нагрузкам [23].

Одномоментные пробы используются при массовых обследованиях лиц, занимающихся физической культурой в группах общей физической подготовки и в группах здоровья, а также лиц, вступающих на путь спортивного совершенствования, для быстрого получения ориентировочных сведений о ФС системы кровообращения. Они также удобны для применения при проведении врачебно-педагогических наблюдений. Более существенные изменения в функционировании сердечно-сосудистой системы вызывают двухмоментные пробы, но их ценность снижает одинаковый характер повторных нагрузок. Этот недостаток компенсирует комбинированная трехмоментная проба Летунова [23].

В работе Л.Г. Агафоновой отмечается: «...для проведения динамической нагрузки чаще всего используются велоэргометры и тредмилы. В Западной Европе традиционно чаще используются велоэргометры, что связано, по-видимому, с их более низкой стоимостью и небольшими габаритами. Но нагрузка на велоэргометре менее привычна для пожилых людей и делает практически невозможным проведение теста у пациентов с некоторыми заболеваниями суставов и позвоночника. Ходьба является простым и привычным видом нагрузки, к которому привык любой человек, и именно такой вариант движения позволяет смоделировать как привычный для данного пациента темп, так и темп движения, значительно превышающий обычный. Именно поэтому тредмил-тест является более физиологичным и обладает более высокой воспроизводимостью, что особенно важно при динамическом наблюдении пациентов. Тем не менее, высокая стоимость и значительные габариты делают его менее распространенным по сравнению с велоэргометром...» [24, с. 80].

Для проведения функциональных проб, как и для любых других, медицинских исследований существуют показания, абсолютные и относительные противопоказания, а также критерии прекращения проведения функциональных проб [23].

Согласно Е.Л. Школьник [25], проведение функциональных проб целесообразно в следующих ситуациях:

- 1) определение физической подготовленности человека к занятиям физической культурой и спортом, лечебной физкультурой;
- 2) экспертиза профессиональной пригодности;
- 3) оценка ФС сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем здоровых и больных людей;
- 4) оценка эффективности программ реабилитации и тренировки;
- 5) прогнозирование вероятности возникновения тех или иных отклонений в состоянии здоровья при занятиях физкультурой.

При проведении функциональных проб должны быть соблюдены следующие требования:

- 1) нагрузка должна быть специфичной для тренирующегося человека;

2) проба должна проводиться с интенсивностью, максимально возможной для данного испытуемого;

3) проба должна быть стандартной и легко воспроизводимой;

4) проба должна быть эквивалентной нагрузке в жизненных условиях;

5) проба должна быть безвредной.

При проведении тестирования физической подготовленности лиц среднего и старшего возраста, занимающихся оздоровительной физкультурой и имеющих хронические заболевания ССС, необходимо соблюдать осторожность.

Абсолютными противопоказаниями к проведению функциональных проб являются:

- 1) выраженная недостаточность кровообращения;
- 2) быстро прогрессирующая или нестабильная стенокардия;
- 3) острая стадия перенесенного инфаркта миокарда;
- 4) активный миокардит;
- 5) недавно перенесенная эмболия;
- 6) аневризма сосудов;
- 7) острое инфекционное заболевание;
- 8) тромбоз вен;
- 9) желудочковая тахикардия и другие опасные нарушения ритма;
- 10) резко выраженный стеноз аорты;
- 11) гипертонический криз;
- 12) выраженная дыхательная недостаточность;
- 13) невозможность выполнения пробы (болезни суставов, нервной и нервно-мышечной систем, которые мешают проведению пробы).

Относительные противопоказания:

- 1) суправентрикулярные нарушения ритма типа тахикардии;
- 2) повторяющаяся или частая желудочковая экстрасистолия;
- 3) системная или легочная гипертензия;
- 4) аневризма сердца;
- 5) умеренно выраженный стеноз аорты;
- 6) значительное расширение сердца;
- 7) неконтролируемые заболевания обмена веществ (диабет, микседема);
- 8) токсикоз беременных.

Минимум за двое суток отменяются все лекарственные препараты; курение прекращается за несколько часов до проведения пробы; проба проводится не ранее чем через два часа после легкого завтрака.

Для оказания неотложной помощи необходимо иметь дефибриллятор, прибор искусственной вентиляции легких, набор медикаментов [23].

Проба прекращается:

- при достижении субмаксимальных возрастных величин ЧСС;
- при проявлении клинических или электрокардиографических критериев прекращения пробы.

К клиническим критериям прекращения пробы относятся:

- 1) достижение субмаксимальной (индикаторной) возрастной ЧСС;
- 2) приступ стенокардии;
- 3) снижение АД на 20–30% от исходного уровня или отсутствие его нарастания при возрастании нагрузки;
- 4) значительное повышение АД (более 230/130 мм рт. ст.);
- 5) приступ удушья;
- 6) выраженная одышка;
- 7) резкая слабость;
- 8) головокружение;
- 9) тошнота;
- 10) сильная головная боль [23].

Для обеспечения надежных результатов, на основании которых достаточно обоснованно могут быть оценены физическая работоспособность и подготовленность спортсмена, необходимо выполнение ряда требований к процедуре тестирования:

1) обеспечение нормального микроклимата в помещении для тестирования. Помещение должно быть хорошо проветрено, температура в нем должна поддерживаться на уровне температуры комфорта. В тестировании должен принимать участие минимум медицинского персонала. Необходимо исключить возникновение звуковых, световых и других, не относящихся к исследованию, сигналов. Аппаратура, на которой производится тестирование, должна быть чистой, хорошо заземленной в соответствии с общепринятыми правилами;

2) при выполнении работы предельной интенсивности или длительности важным моментом является мотивация. Так, предлагая спортсмену нагрузку в виде 15-секундного бега на месте в максимальном темпе, никогда нельзя быть уверенным в том, что нагрузка действительно выполняется с максимальной интенсивностью. Это зависит от желания спортсмена развить предельную для себя интенсивность, его строения и других мотивационных факторов. Минимальное влияние побочных воздействий доказывается хорошей воспроизводимостью результатов;

3) перед началом тестирования испытуемому должна быть дана подробная инструкция о его поведении во время проведения пробы. В противном случае результаты тестирования могут в значительной мере определяться эмоциональными реакциями спортсмена [23].

Виды воздействий, используемых при тестировании:

- а) физическая нагрузка;
- б) изменение положения тела в пространстве;
- в) натуживание;
- г) изменение газового состава вдыхаемого воздуха;
- д) медикаментозные средства [23].

Для воздействия физической нагрузкой могут быть выбраны: динамическая, статическая, смешанная (динамическая и статическая нагрузки), комбинированная (физическая нагрузка и другие типы воздействий) [23].

В качестве проб с изменением положения тела в пространстве используются ортостатическая (переход из положения лежа в положение стоя) и клиностатическая пробы.

Функциональная проба с натуживанием может быть выполнена в двух вариантах. В первом натуживание количественно не оценивается (проба Вальсальвы). Второй вариант предусматривает дозированное натуживание. Он проводится с помощью манометров, в которые производит выдох испытуемый. Показания манометра практически соответствуют величине внутригрудного давления. К числу проб, использующих дозированное натуживание, относятся проба Бюргера, проба Флека [23].

Изменение газового состава вдыхаемого воздуха в спортивно-медицинской практике чаще всего заключается в уменьшении напряжения кислорода во вдыхаемом воздухе. Гипоксемические пробы в спортивной медицине чаще всего используются для изучения устойчивости к гипоксии, которая может наблюдаться при проведении соревнований и тренировочных занятий в среднегорье и высокогорье. По мнению С.М. Грошилина, «...повышение надежности экспертной оценки переносимости гипоксической пробы достигается также путем использования динамических характеристик показателей нескольких функциональных систем организма (гемодинамики, внешнего дыхания, крови)...» [26, с. 117].

Введение лекарственных веществ в качестве функциональной пробы используется, как правило, с целью дифференциальной диагностики между нормой и патологией.

При проведении всех проб можно исследовать изменения показателей функции различных органов и систем и по этим изменениям оценивать реакцию организма на данное воздействие. Регистрация выходных сигналов производится дифференцированно, в зависимости от того, какая система организма дает наиболее объективную оценку реакции на тот или иной тип входного воздействия. Как правило, это нервная, сердечно-сосудистая и дыхательная системы. В качестве выходных показателей обычно используются наиболее информативные физиологические величины, регистрация которых представляет наименьшие трудности (ЧСС, частота дыхания, АД). Чаще всего это показатели ССС, которая быстро реагирует на самые разнообразные виды воздействий [23].

При измерении диастолического АД необходимо иметь в виду, что метод Короткова характеризуется IV фазами звуковых явлений. По мере понижения давления в манжете вначале выслушиваются громкие тоны (I фаза), затем – шумы (II фаза), затем вновь звуки приобретают характер тонов (III фаза), и наконец, звучность тонов уменьшается, они переходят в шумы (IV фаза), которые вскоре полностью исчезают. Начало I фазы

соответствует систолическому АД, а начало IV фазы – минимальному. Поэтому при нагрузке за диастолическое АД следует принимать шумы IV фазы, а не полное исчезновение звуковых явлений [23].

Российские исследователи В.М. Тихоненко и соавт. обращают внимание на то, что: «...одним из ограничений акустического метода измерения артериального давления по Короткову считается появление у некоторых больных так называемого аускультативного провала, когда появившиеся тоны Короткова исчезают при дальнейшем снижении давления в манжете, а затем вновь появляются при более низком значении давления. Данный феномен препятствует однозначному определению систолического АД (АДс), так как нет четких рекомендаций о том, какой момент появления ТК (первый или второй) считать точкой АДс. У некоторых больных подобные расхождения могут достигать 15 мм рт. ст. и более и приводить к неверным выводам о наличии или отсутствии артериальной гипертензии (АГ)...» [27, с. 91–92].

Мобилизация кровообращения во время физической нагрузки предполагает рост минутного объема кровообращения (МОК). Это достигается путем увеличения ЧСС и ударного объема (УО). О росте УО крови мы можем судить по увеличению пульсового АД, которое определяется как разность между АДс и АДд. Систолическое АД является косвенной характеристикой силы сердечного выброса, а диастолическое АД – общего периферического сопротивления. Соответственно, во время физической нагрузки наблюдается увеличение ЧСС и пульсового АД (систолическое АД растет, а диастолическое АД снижается). Среднее гемодинамическое АД наименее подвержено колебаниям и является более стабильным показателем, характеризующим общее состояние сосудистой системы.

Изменения ЧСС и АД должны носить адекватный физической нагрузке характер, т.е. чем меньше объем проделанной работы, тем ниже должны быть абсолютные значения гемодинамических показателей.

Скорость восстановления зависит от мощности и вида физической нагрузки и характеризует уровень тренированности. Нагрузки низкой мощности (одномоментные пробы) определяют восстановление преимущественно за счет вегетативного контура, при нагрузках длительностью более 3-х минут восстановление определяется метаболической емкостью [23].

В исследованиях Е.А. Ширковец с соавт. отмечается, что «...показатели скорости вратывания и восстановления O_2 -потребления связаны, в большей степени, с мощностью окислительного потенциала систем организма. Чем она больше, тем быстрее восстанавливаются запасы фосфатных макроэргов. Показатели скорости вратывания и восстановления адекватно отражают изменения функционального состояния спортсменов. В разных режимах работы вариации численного значения констант восстановления достигают 25% от средних значений. Константы скорости восстановления в быстрой фазе оплаты кислородного долга служат информативным критерием функционального состояния спортсменов. Динамика рассмотренного

комплекса показателей отражает характер изменений состояния спортсменов под влиянием специфической тренировочной деятельности...» [28, с. 18].

Как было сказано ранее, состояние вегетативной нервной системы более стабильно на протяжении жизнедеятельности индивида, ее исследование может быть более актуально в получении прогноза ФС. Вегетативная нервная система есть часть нервной системы, осуществляющая регуляцию жизненно необходимых функций организма: кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, обмена веществ и терморегуляции, а также поддержание постоянства внутренней среды организма (гомеостаза) и обеспечения его трофической, физической и психической деятельности [23].

В ней выделяют симпатический и парасимпатический отделы, которые иннервируют все внутренние органы и системы, сосуды, железы внутренней секреции и потовые железы, обеспечивая их упорядоченную деятельность в целостном организме [23].

Симпатическая система (или симпатoadреналовая) осуществляет колебания гомеостатических констант до максимальных амплитуд, чтобы обеспечить физическую и психическую деятельность, а парасимпатическая отвечает за их возврат к уровню покоя. Симпатический отдел способствует быстрой мобилизации вегетативных и соматических функций при стрессовых ситуациях: гипоксии, мышечной активности, холоде, высокой температуре, заболеваниях и др. Он стимулирует ССС и дыхательную систему, угнетает желудочно-кишечный тракт, расширяет сосуды в мышцах, зрачки и глазные щели, участвует в терморегуляции, освобождает глюкозу из гликогенных депо и др. [23].

Парасимпатический отдел (кранио-бульбо-сакральный) действует более ограниченно: поддерживая гомеостаз, он включается главным образом в восстановительные функции во время отдыха, в репродуктивные функции, в процессы пищеварения и т.д.

Таким образом, оба отдела, находясь в состоянии подвижного равновесия, контролируют и регулируют диапазон колебаний жизненных функций от минимальных в покое до максимальных при чрезмерных нагрузках различного характера, обеспечивая тем самым жизненные запросы организма [23].

В медицине и спортивной медицине в частности широко применяются простые пробы, определяющие состояние ВНС.

Курганские ученые А.Н. Ерохин и соавт., исследовав вегетативную регуляцию сердечного ритма в процессе месячного тренировочного цикла, отмечают, что «...у лиц с пониженной двигательной активностью отмечается преобладание тонуса симпатической нервной системы, который в процессе занятий ЛФК, проявляет тенденцию к волнообразным изменениям – вначале к усилению, затем снижению. Для спортсменов-разрядников характерен устойчивый тонус вегетативной нервной системы с преобладанием ваготонии...» [29, с. 343].

А.Г. Пономарева в большом исследовании показывает, что «...исходный тонус вегетативной нервной системы определяет характер изменений

вегетативного баланса. У спортсменов с преимущественным преобладанием анаэробных режимов мышечной деятельности (борцов) в покое отмечается умеренная симпатикотония, у спортсменов с аэробным режимом мышечной деятельности (спортсменов циклических видов спорта) – умеренная ваготония...» [30, с. 37–38]. Симпатикотония свидетельствует о недовосстановлении спортсмена и функционировании его организма в неэкономном режиме [13; 14].

Неспецифическая адаптационная реакция поддерживается тонусом автономной нервной системы – между показателями симпатико-парасимпатического равновесия и показателем процентного содержания лимфоцитов в периферической крови имеется корреляционная взаимосвязь. У спортсменов-борцов состояние «адаптивной нормы» (в покое) поддерживается тонусом автономной нервной системы, его связями с показателями лейкоцитов [31].

Адаптация к физическим нагрузкам зависит от типа вегетативной регуляции. Оптимальными следует считать нормотонический и ваготонический типы регуляции. Симпатический тип менее благоприятен и диктует корректирование физических нагрузок. Юные спортсмены с выраженной исходной симпатикотонией в регуляции и имеющие инвертированное вегетативное обеспечение деятельности по типу гипердиастолического являются группой повышенного риска по развитию патологического спортивного сердца [32]. При высокой степени адаптации превалирует парасимпатическое звено регуляции. Смещение равновесия ВНС в сторону влияния парасимпатического отдела обеспечивает оптимальное снабжение организма спортсмена кислородом в покое и восстановление после нагрузок, экономию деятельности ССС, функциональный резерв организма для выполнения интенсивной физической нагрузки [33].

Исследователь Т.В. Бушуева, изучая физиологические критерии в системе прогнозирования успешности соревновательной деятельности спортсменов в избранном годичном тренировочном цикле для оценки функциональных возможностей и текущего состояния пловцов, отмечает, что показатели ФС центральной и автономной нервной системы при их многократных измерениях в течение годичного тренировочного цикла составляют один из информативных сегментов в системе текущего физиологического контроля и прогнозирования физиологической составляющей успешности соревновательной деятельности спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в плавании на короткие дистанции. Действующие мастера спорта характеризуются кумулятивно более высокой активностью парасимпатического звена регуляции сердечного ритма, меньшим уровнем активности вазомоторного центра и меньшей способностью к преодолению общебытовых стрессовых ситуаций по тесту цветовых выборов [34].

Симпатикотония определяется при двигательной реабилитации гиподинамии у лиц подросткового возраста, для которых характерно высокое психоэмоциональное напряжение [35].

Объективными критериями оценки текущего ФС и физической подготовленности спортсменов являются физиологические показатели, отражающие состояние механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности. Хорошо сбалансированная регуляция позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально использовать свои функциональные возможности, определяет быстроту восстановительных процессов [33].

Для оценки количественного соотношения симпатических и парасимпатических проявлений предлагается ряд расчетных показателей, например, вегетативный индекс Кердо: $ВИ = 1 - (АДд / Пульс)$. При равновесии влияний симпатического и парасимпатического отделов ВНС на ССС вегетативный индекс приближается к нулю. Положительное значение индекса указывает на симпатикотонический тип регуляции, а отрицательное – на ваготонический тип регуляции. Есть данные о том, что преобладание симпатикотонии косвенно свидетельствует о повышении уровня интоксикации в организме при повышенных нагрузках у юных спортсменов [36; 37]. При длительных физических нагрузках у спортсменов отмечается гиперсимпатикотония [38], что обусловлено лимфодренажным действием двигательной активности. При движении накопившиеся токсические вещества выходят в кровь из межклеточного пространства и вызывают соответствующую реакцию ВНС. При гиподинамии токсины накапливаются в организме, в межклеточном пространстве, а также способствуют повышению уровня симпатикотонии [38; 39].

Тонус ВНС определяется многими факторами, и одним из наиболее важных является уровень интоксикации организма. Он зависит от эндоэкологического загрязнения организма, обусловленного экологическим загрязнением окружающей среды; состоянием систем пищеварения и выделения; уровнем адаптации организма к токсическим воздействиям и уровнем двигательной активности. Нарушения состояния ВНС и их влияние на кислотообразующую и двигательную функции обнаружены при хронической гастродуоденальной патологии у детей [39; 40]. Хронический эндотоксикоз в условиях вегетативной дисрегуляции приводит к развитию патологии. Токсины и эндотоксины, распространяясь по организму, вызывают нарушение вегетативного баланса иннервации висцеральных органов (тонкой кишки, сердца), дистрофию и цитолиз паренхиматозных органов [38; 40], что ведет к развитию соматической патологии. Первые признаки развития патологии появляются на уровне нарушения вегетативного равновесия [36; 37; 41] и обусловлены повышением уровня гомотоксикоза, что имеет отражение в изменениях показателей крови у спортсменов [32].

Преобладание симпатикотонии в регуляции после физических нагрузок свидетельствует о процессах недовосстановления [33]. Отмечались иммунодефицитные состояния и высокий уровень заболеваемости у юных гандболистов, у которых выявлялись симпатикотония и повышение уровня интоксикации, обусловленного наличием пародонтопатогенной анаэробной микрофлоры в полости рта – воротах инфекции [31; 39]. Наблюдаемые количественные изменения содержания основных популяций лейкоцитарных

клеток, возникающие у спортсменов преимущественно анаэробных видов спорта, оказывают существенное влияние на здоровье спортсменов данных специализаций и приводят к развитию вторичных иммунодефицитных состояний [32]. М.В. Бочаров определил, что при снижении общей концентрации лейкоцитов крови у спортсменов-борцов наблюдаются снижение процентного содержания сегментоядерных нейтрофилов и вегетативные нарушения [31]. Автором установлена взаимосвязь регуляторных механизмов сердечной деятельности и системы крови у юных спортсменов.

Физические упражнения направленного действия способствуют улучшению общего состояния и снижению уровня симпатикотонии [38; 40; 41]. Занятия атлетической гимнастикой и циклическими упражнениями, связанными с проявлениями выносливости, смещают вегетативное равновесие в сторону симпатического отдела ВНС, а динамические упражнения вызывают противоположную реакцию [42]. Динамические упражнения аэробного характера обеспечивают тренировку симпатического отдела ВНС, улучшают функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем, уменьшают проявления гиподинамии и способствуют тренировке выносливости организма. Статические упражнения направлены на тренировку парасимпатического отдела ВНС, формирование в ЦНС очага охранительного торможения, обеспечивают позитивное влияние на гладкую мускулатуру внутренних органов и сосудов [43].

Простой пробой на выявление тонуса того или иного отдела ВНС является кожно-сосудистая реакция (дермографизм) при проведении по коже тупым инструментом (шпателем, тупым концом стеклянной палочки, ручкой неврологического молоточка) штриховых полос. Желательно использовать дермограф, позволяющий дозировать силу раздражения. Через несколько секунд на этом месте появляется белая, розовая или красная, выпукло-красная полоса вследствие раздражения рецепторов кровеносных сосудов. Учитываются цвет, быстрота появления реакции (латентный период), ее интенсивность и длительность. Обычно через 5–20 секунд на месте раздражения появляется белая черта, исчезающая через 1–5 минут. Белый дермографизм связан с повышением тонуса периферического сосудосуживающего аппарата и расценивается как симпатическая реакция. При более сильном раздражении возникает красный дермографизм в результате расширения капилляров. Латентный период красного дермографизма в возрасте 10–20 лет равен 4,5 секунды, а длительность – до 27 минут. Выраженный красный дермографизм рассматривается как повышенная функция сосудорасширяющих механизмов (парасимпатических). Он иногда через 1–2 минуты после появления может перейти в выпуклокрасный (*dermographismus elevatus*) вследствие чрезвычайного расширения сосудов и излития плазмы через проницаемую сосудистую стенку. Розовая полоса – показатель нормального тонуса обоих отделов [23].

Под влиянием систематических спортивных тренировок изменяется функциональное состояние ВНС. У спортсменов в покое имеет место преобладание парасимпатического отдела. Это проявляется урежением пульса

и дыхания, снижением АД, что обеспечивает экономизацию деятельности систем организма. Во время тренировок или сразу после них преобладает тонус симпатического отдела, что способствует развитию адаптационных реакций организма [23].

Глазо-сердечный рефлекс (Даньини–Ашнера, 1908) используется для исследования висцеральных рефлексов [44], в частности позволяет оценить возбудимость парасимпатического отдела ВНС. При этом испытуемый находится в горизонтальном положении. После 10-минутного покоя подсчитывается пульс в течение 15 секунд. Затем в течение 15 секунд производят концевыми фалангами большого и указательного (можно среднего) пальцев осторожное, постепенно нарастающее нерезкое давление на боковые поверхности глазных яблок (при закрытых веках) и снова, не прекращая надавливания, подсчитывают пульс за 15 секунд. Спустя 1 минуту после прекращения давления снова подсчитывают пульс по 15-секундным интервалам. Замедление пульса на 5–12 ударов в минуту принимают за нормальную реакцию, замедление более 12 ударов в минуту свидетельствует о повышении возбудимости блуждающего нерва (*v. vagus*). Когда пульс не изменяется – реакция понижена (отрицательная), если учащается на 24 уд./мин и более – реакция парадоксальная (извращенная), что указывает на преобладание тонуса симпатического отдела ВНС.

Киргизскими исследователями И.Е. Кононцом и соавт. (2018) показаны возможности изучения реактивности ВНС с использованием глазо-сердечного рефлекса Даньини–Ашнера и оценкой его влияния методами ВСР у учащихся различных профилей обучения [45]. Отмечены целесообразность и простота применения данного метода для исследования особенностей вегетативной реактивности.

Функциональное состояние симпатического отдела ВНС оценивается по пиломоторному рефлексу, который проявляется в виде «гусиной» кожи при быстром обнажении, проведении по коже холодным предметом или раздражении ее эфиром, раздражитель возбуждает симпатическую иннервацию, под влиянием которой находятся полосковые мышцы и потовые железы.

Пробы с натуживанием относятся к группе проб с уменьшением венозного возврата крови. Задержка дыхания при акте натуживания сопровождается повышением внутригрудного и внутрибрюшного давления, которое препятствует полноценному возврату крови к правым отделам сердца и кровотоку в сосудах малого круга кровообращения. В результате этого на 15–20 мл уменьшается ударный объем крови. Чтобы поддержать МОК и необходимый уровень АД, регуляторные системы должны повысить ЧСС и тонус сосудов большого круга кровообращения. Механизмы изменения гемодинамики при натуживании были положены в основу проб по оценке функции ВНС (т.е. регуляторных систем), которые находят применение в видах спорта, где натуживание является элементом спортивной деятельности [23].

В пробе Флека влияние натуживания оценивается по изменению ЧСС. Для ее выполнения в покое считается пульс по 5-секундным интервалам. После полного выдоха и глубокого вдоха производится частичный выдох в мундштук манометра с поддержанием в нем давления, равного 40 мм рт. ст., «до отказа». Исследуется пульс по 5-секундным интервалам все время натуживания и учитывается продолжительность натуживания.

При оценке результатов отмечается:

1) у нетренированных учащение пульса по сравнению с исходными данными продолжается около 15–20 секунд, далее он стабилизируется. Средняя продолжительность натуживания составляет 40 секунд;

2) у лиц с повышенной реактивностью (чаще у детей и подростков) учащение ЧСС продолжается на протяжении всей процедуры натуживания;

3) у больных людей наблюдается плохая реакция на повышение внутригрудного давления до 40 мм рт. ст.: первоначально пульс учащается, а затем быстро наступает его замедление;

4) у хорошо тренированных лиц реакция на такое повышение внутригрудного давления незначительная и составляет 1–2 удара за каждые 5 секунд, а при внутригрудном давлении 60–100 мм рт. ст. учащение пульса продолжается все время исследования, достигая 4–5 уд./мин за 5-секундный интервал [23].

По данным Г.А. Макаровой, реакция считается отличной, если учащение пульса составляет 1–2 удара за каждые 5 секунд, стабилизация наступает к концу минуты, общая продолжительность процедуры составляет 45–55 секунд. При ускорении пульса на 3–4 удара за 5 секунд реакция хорошая, на 5–7 ударов – удовлетворительная, а более 7 ударов за 5 секунд – неудовлетворительная. Удовлетворительная и неудовлетворительная реакции свидетельствуют об изменениях в регуляции сердечной деятельности.

В пробе Бюргера реакция на повышение внутригрудного давления оценивается по изменению систолического давления. При выполнении пробы в покое измеряется уровень АД, затем обследуемый выполняет за 20 секунд 10 глубоких вдохов с измерением АД к их окончанию и выдохом в мундштук манометра, повышая давление в пределах 40–60 мм рт. ст. Натуживание продолжается 20 секунд. Измерение давления производят в начале натуживания, сразу после его окончания и через 20–40 секунд восстановительного периода [23].

Оценка производится по типу реакции:

1) нормальный (1-й тип) – максимальное АД почти не меняется в процессе натуживания;

2) ненормальный (2-й тип, у хорошо тренированных) – систолическое АД повышается при натуживании и возвращается к исходному уровню через 20–30 секунд после его прекращения;

3) неудовлетворительный (3-й тип) – значительное снижение давления при натуживании.

Сохранение или повышение максимального АД при натуживании свидетельствует о нормальной регуляции сосудистого тонуса, а снижение

наблюдается при нарушении регуляции и может привести к кратковременной потере сознания. Такое состояние иногда наблюдается у штангистов, проводивших интенсивную гипервентиляцию перед подъемом штанги. Гипокапния, развивающаяся после гипервентиляции, приводит к снижению сосудистого тонуса и АД, что обуславливает ухудшение кровоснабжения головного мозга.

В работе российского исследователя В.Н. Рязанова [46] показан высокий факторный вес ($-0,805$) результатов пробы Бюргера в оценке психофизиологической подготовленности пауэрлифтеров.

Проба Вальсальва–Бюргера при оценке результатов натуживания использует динамику показателей ЧСС и артериального давления. В покое измеряется АД и регистрируется пульс по 5-секундным интервалам. После субмаксимального вдоха производится выдох в мундштук манометра с повышением давления до уровня 50 ± 10 мм рт. ст. Продолжительность натуживания – 20 секунд. Пульс считают каждые 5 секунд все время натуживания и 10 секунд после его окончания, артериальное давление измеряют в конце натуживания и спустя 40 секунд после [23].

Оценка:

а) хорошая, если учащение пульса составляет 1 удар каждые 5 секунд, систолическое давление слегка повышается в конце натуживания и восстанавливается через 40 секунд;

б) удовлетворительная – ускорение пульса до 3 ударов за 5 секунд, реакция АД та же;

в) неудовлетворительная – ускорение пульса на 4–5 ударов за 5 секунд, систолическое АД снижается к концу натуживания и не восстанавливается за 40 секунд.

Сущность пробы с максимальным натуживанием заключается в максимальном выдохе в мундштук манометра после полного выдоха и последующего глубокого вдоха.

Кроме того, применяется проба с глубоким управляемым дыханием, которая основана на явлении дыхательной аритмии и наиболее выражена при частоте дыхания (ЧД) около 6 ударов в минуту. При выполнении данной пробы испытуемому задается (различными приборами) такой темп дыхания, чтобы и вдох и выдох производились за 5 секунд. Результаты пробы оцениваются по разнице ЧСС на вдохе и выдохе. Она не должна превышать 10–15 ударов в минуту [22].

Существует так называемая проба с изометрической нагрузкой, в которой испытуемый сжимает ручной динамометр на протяжении 3–5 минут с $1/3$ силы от максимальной. В ходе сжимания параллельно, на второй руке, фиксируется артериальное давление. При нормальной реакции должно наблюдаться повышение диастолического давления, но без изменения периферического сопротивления сосудов. При анализе результатов оценивается разница между самым высоким уровнем диастолического АД и средним диастолическим давлением в покое, которая должна превышать 15 мм рт. ст. [22; 47].

Для оценки адекватности функционирования вегетативной нервной системы используется проба со счетом в уме, которая основывается, в большинстве случаев на арифметических действиях (например: $100 - 7 = 93$; $93 - 7$ и т.д.). При осуществлении данных вычислений в норме активизируется симпатическое звено ВНС [22, с. 27].

Одними из наиболее распространенных проб являются пробы с изменением положения тела в пространстве. Нормальный уровень кровообращения при изменении положения тела в пространстве есть результат деятельности вегетативной регуляции. Именно поэтому чтобы оценить адаптационные возможности ССС, очень часто применяется ортостатическая проба. Положительными моментами данной пробы являются простота ее выполнения, высокая информативность и возможность применения у лиц любого возраста [16].

При перемене положения тела из горизонтального в вертикальное (ортостатика) происходит депонирование значительного объема крови в нижней половине тела, что ведет к уменьшению венозного возврата крови к сердцу, последующему временному уменьшению сердечного выброса на 20–30% и снижению АД систолического. Чтобы поддержать МОК и компенсировать развивающееся кислородное голодание тканей регуляторные системы вынуждены сразу же повысить ЧСС и изменить тонус сосудов: АД систолическое прежнее или снижается на 2–6 мм рт. ст. и постепенно приближается к исходному; диастолическое повышается на 6–10 мм рт. ст., или на 10–15% по отношению к величине в горизонтальном положении; АД пульсовое вначале снижается, а затем постепенно повышается за счет АДс [23].

В практике при проведении ортостатической пробы чаще используется активная методика Шеллонга. Правильно проводить ее утром (не вставая с постели после пробуждения) или после дневного отдыха. У исследуемого в положении лежа после 4–6-минутного отдыха многократно с минутными промежутками подсчитывают ЧСС и измеряют артериальное давление (до получения стабильных результатов). Затем он поднимается и стоит 10 минут в свободной позе. На каждой минуте определяется частота пульса и измеряется АД. Оценка пробы: по изменению пульса и давления на 1-й минуте судят о возбудимости симпатического отдела ВНС; показатели 2–10 минут характеризуют процесс восстановления тонуса ВНС, изменившегося при перемене положения тела [23].

В норме учащение пульса на 1-й минуте не должно превышать (в пересчете на 1 минуту) 12–18 уд./мин, у хорошо тренированных спортсменов – 5–15 уд./мин, у юных спортсменов и обычных детей реакция может быть более выраженной (> 24 уд./мин). В исследованиях Г.А. Макаровой (2003) приводится следующий принцип оценки результатов 1-й минуты ортостатической пробы по динамике ЧСС (уд./мин): отличная – от 0 до +10, хорошая – от +11 до +16, удовлетворительная – от +17 до +22, неудовлетворительная – более +22 или от –2 до –5.

При оценке результатов за 10 минут ортостатическая устойчивость признается удовлетворительной, если учащение пульса у мужчин не превышает 25 уд./мин, у женщин – 30 уд./мин; стабилизация пульса достигается на 4–5-й минуте у мужчин и 5–6-й – у женщин; АД пульсовое снижается не более чем на 50% от исходного; отсутствуют жалобы на тошноту и головокружение, а также объективные показатели плохого состояния (побледнение). Неудовлетворительной считается ортостатическая устойчивость, если имеются отклонения по всем указанным признакам.

Методики оценки ортостатической пробы постоянно дополняются и совершенствуются. У спортсменов с брадикардией в покое учащение пульса при перемене положения из горизонтального в вертикальное может достигать более 30–35 уд./мин без признаков неустойчивости. В этих случаях проба оценивается по реальной ЧСС в вертикальном положении тела в течение 10 минут:

- реакция нормальная, если ЧСС не превышала 89 уд./мин,
- ортостатическая устойчивость снижена – ЧСС 90–95 уд./мин,
- ортостатическая устойчивость низкая – ЧСС > 95 уд./мин.

В основу этого метода оценки положен принцип инвариантности, который заключается в том, что под влиянием возмущающих воздействий показатели функционирования ВНС определяются исключительно текущими потребностями организма и не зависят от их исходного уровня.

Существует несколько разновидностей ортостатических проб. Кроме простой активной пробы Шеллонга используются модифицированная активная ортостатическая проба по Ю.М. Стоиде и пассивная, выполняемая на поворотном столе, крышка которого поворачивается в вертикальной плоскости на 90° (тело фиксируется ремнями, ноги упираются в подножку). В пробе Ю.М. Стоиде обследуемый имеет три точки опоры: стоит на расстоянии одной ступни от стены и опирается о нее спиной (угол наклона составляет 75–80°), а под крестец подкладывается валик диаметром 12 см. Реакция на пассивную пробу более выражена, чем на активную.

Клиностатическая проба (перемена положения тела из вертикального в горизонтальное) проводится в обратном порядке от ортостатической пробы. Физиологической реакцией считается замедление ЧСС на 4–6 уд./мин через 10–25 секунд после перемены положения тела в горизонтальное. Замедление более чем на 6 уд./мин свидетельствует о повышении тонуса блуждающего нерва. При повышенном тоне симпатического отдела урежения пульса не наблюдается или он учащается [23].

Наши соотечественники Скуратова Н.А. и соавт., обследовав 84 спортсмена, выявили, что «...у большинства юных спортсменов при проведении активной и пассивной ортостатических проб зарегистрированы тахикардическое регуляторное нарушение вегетативного обеспечения и синдром постуральной ортостатической тахикардии, которые свидетельствуют о высокой напряженности вегетативной регуляции и могут ассоциироваться с синдромом хронической усталости. У детей 8–12 лет с дезадаптивным

и асимпатикотоническим типами вегетативного обеспечения (ВО) чаще является неадекватная гемодинамическая реакция при проведении тилт-теста. Эндотелиальная дисфункция чаще регистрируется среди детей-спортсменов с дезадаптивным и гиперсимпатическим типами ВО. Данной группе детей рекомендованы занятия оздоровительной физкультурой и дозированные физические нагрузки. Наличие хронотропной недостаточности в ходе тилт-теста диктует необходимость дифференциальной диагностики патологического и физиологического спортивного сердца с нарушениями ритма, не связанными с занятиями спортом. По результатам ортостатических проб можно не только выявить пред- и патологические состояния у юных спортсменов, но и рекомендовать спортивную специализацию при отборе детей в спортивные секции, в частности в виды спорта, связанные со статическими перемещениями в пространстве (спортивная гимнастика, акробатика, скалолазание, фигурное катание и др.)...» [48].

Безусловно, ортостатическое тестирование является прекрасным методом для оценки адекватности реактивности вегетативной нервной системы, однако для получения объективной информации об уровне ФС организма в целом этого может быть недостаточно. По нашему мнению, необходимым компонентом для объективной оценки ФС организма должна быть скорость восстановления исходного состояния, которое отлично оценивается после проб с физической нагрузкой.

В медико-биологических работах очень часто применяются пробы или тесты с физической нагрузкой по причине их высокой диагностической и информативной ценности, а также потому что с их использованием можно имитировать разные виды деятельности человека. Широко распространенной и не вызывающей споров в достоверности является велоэргометрия (В.Л. Карпман с соавт., 1988; И.В. Аулик, 1990; Ю.С. Ванюшин, 2001). Ее основное достоинство заключается в относительной неподвижности верхней части тела, что, в свою очередь, дает возможность получать важную информацию во время двигательной деятельности [16]. Однако проведение велоэргометрии является достаточно сложной диагностической методикой, которая нуждается в специальном оборудовании и соответствующих специалистах. Вместе с тем велоэргометрическая нагрузка зачастую достаточно высоко интенсивна и энергозатратна, и ее использование в динамическом контроле в этой связи затруднено. Также здесь можно выделить общеизвестную, легко стандартизированную функциональную пробу с дозированной физической нагрузкой – Мартине–Кушелевского. Более подробно данная проба будет рассмотрена ниже.

1.2.1 Проба Мартине–Кушелевского в классическом варианте выполнения

К одномоментным пробам с дозированной физической нагрузкой относится проба Мартине. Martinet (1868–1922) был французским физиологом и терапевтом. Первоначально разработанную пробу он предложил использовать для оценки функционального состояния сердца у детей. Данная проба также применялась с начинающими спортсменами, т.е. малотренированными. После 5-минутной адаптации в положении сидя 3 раза измерялся уровень АД и подсчитывался пульс с перерывом в 1 минуту. Далее испытуемый выполнял 20 приседаний за период времени 40 секунд. После этого каждую минуту измерялся уровень АД и регистрировалась ЧСС в течение 15–20 секунд. При нормальной реакции на нагрузку и скорости восстановления уровень АД к исходному значению возвращался через 4 минуты, а ЧСС – через 3 минуты.

Позднее Борис Павлович Кушелевский (1890–1976) – советский ученый, терапевт, доктор медицинских наук – модифицировал пробу Мартине. Поэтому в большинстве источников она упоминается как проба Мартине–Кушелевского, и в нашей работе используется именно она. Данных по модификации в литературе немного, достоверно известно, что изменению подверглось количество времени на выполнение приседаний (было 40 секунд, снизилось до 30 секунд). Отмечаем, что проба с физической нагрузкой в виде 20 приседаний за 30 секунд наиболее часто применяется с начинающими спортсменами. Оценка результатов пробы производится по нескольким составляющим: частота сердечных сокращений, уровень изменчивости систолического АД и самое важное – время восстановления значений этих показателей до исходных [49].

Проба проводится практически здоровым лицам, т.е. после сбора анамнеза (отсутствия каких-либо заболеваний в острой форме либо хронических, с риском обострения, снижения функциональных возможностей по каким-либо причинам и др.) [49].

Важно до начала проведения пробы объяснить испытуемому, как он должен выполнять приседания: они должны быть глубокими с темпом 2 приседания за 3 секунды, во время приседания руки поднимаются вперед, вставая – опускаются. Эти требования являются строго необходимыми при выполнении пробы, поскольку при их несоблюдении возможно получение недостоверной или ложной информации.

Критериями оценки выступают величина сдвигов основных показателей АД и ЧСС после нагрузки [50] и наиболее важная динамика их изменений в процессе восстановления. Именно они дают возможность оценить адаптационные способности ССС к физической нагрузке. В норме возбудимость пульса и увеличение ЧСС после проведения пробы не должны превышать 60% от исходных показателей. Время восстановления ЧСС дает возможность

оценить ход восстановительных процессов организма после нагрузки. В норме время восстановления ЧСС не должно превышать 2 мин 40 сек. О восстановлении пульса может свидетельствовать первый показатель возобновленного или стабильного пульса. Увеличение времени восстановления пульса является фактором снижения восстановительных процессов деятельности сердца. Обычно оно сочетается с увеличением возбудимости пульса. Параллельно с оценкой кривой восстановления пульса, нужно обращать внимание на динамику, то есть на то, как протекает восстановление – постепенно либо волнообразно.

Иногда во время восстановления после пробы возникает «отрицательная фаза» пульса, которая характеризуется значениями ЧСС ниже исходных. «Отрицательную фазу» пульса чаще всего объясняют недостаточностью в функционировании какого-то из отделов вегетативной нервной системы, зачастую симпатического либо парасимпатического. Эта фаза встречается у лиц с подвижной нервной системой, а также у спортсменов в условиях перетренированности и после различных нервных перенапряжений. Если после выполнения данной функциональной пробы такая фаза пульса поддерживается более 3-х минут, то реакция на пробу оценивается как неудовлетворительная [40].

В заключение по результатам пробы Мартине–Кушелевского необходимо сопоставлять и оценивать изменения ЧСС и АД, для выявления механизмов приспособления организма к нагрузке и оценки ее адекватности [49; 51].

Наиболее оптимальной реакцией АД на пробу является увеличение АДс на 15–30% (при исходном 120 мм рт. ст. это на 18–36 мм). А диастолическое АД должно оставаться исходным или снижаться на 10–15%. Такое сочетание увеличения АДс и уменьшения АДд указывает на повышение величины пульсового давления ($\text{АДс} - \text{АДд} = \text{пульсовое давление}$), что является наиболее благоприятной реакцией на нагрузку. Такая направленность изменения АД есть свидетельство увеличения сердечного выброса и снижения сопротивления периферических сосудов, что является крайне благоприятным фактором из-за увеличения минутного объема крови [49].

Таким образом, повышение частоты пульса на 60%, а также увеличение пульсового давления (около 60%) указывает на высокий уровень адаптации организма к выполненной нагрузке. Напротив, снижение АД можно рассматривать как свидетельство нерациональной реакции АД на физическую нагрузку и низкую функциональную способность организма к адаптации в изменяющихся условиях окружающей среды [49].

Временем восстановления АД считается его возвращение к исходным значениям до выполнения приседаний. Нормой восстановления АД можно считать 3 минуты. Повышение АД больше нормы, а также увеличение времени его восстановления может отмечаться у лиц, которые страдают гипертонической болезнью, нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу, а также у практически здоровых лиц с потенциальной способностью к возникновению гипертензий (донозологическая стадия) [49].

Анализируя характер изменения показателей после пробы, выделяют три типа реакции: благоприятный, неблагоприятный и переходный.

В имеющейся классификации типов реакции ССС на пробу Мартине–Кушелевского выделяют пять основных типов:

- нормотонический;
- гипотонический;
- гипертонический;
- дистонический;
- ступенчатый [51, с. 22].

Нормотонический тип является наиболее благоприятным типом реакции на пробу. Для него характерна адаптация к нагрузке за счет повышения ПД, в связи с которым наблюдается повышение минутного объема крови. Подъем АДс говорит об усилении систолы левого желудочка, а также об уменьшении сопротивления тонуса артериол, что, соответственно, является необходимым условием для обеспечения лучшего доступа крови к периферии [49]. Нормотонический тип имеет следующие основные характеристики после выполнения пробы:

- возбудимость пульса – до 80%;
- время восстановления ЧСС – до 2-х минут 40 секунд;
- изменения АД: АДс увеличение – не более 40 мм рт. ст.;
- время восстановления АД – не более 3-х минут [49].

Другие 4 типа реакции ССС на пробу относят к неблагоприятным. Общее для них – это то, что приспособительные реакции в организме, осуществляющие процесс восстановления и адаптации к нагрузке, протекают за счет увеличения ЧСС, а не ударного объема. Поэтому для них характерен изначальный сдвиг ЧСС после нагрузки более 80%, а соответственно, происходит и увеличение скорости восстановления ЧСС к исходным. Поскольку для всех этих типов характерно увеличение возбудимости пульса и времени его восстановления, то разница в этих типах будет только в показателях АД.

При гипертоническом типе реакции на пробу наблюдается повышение АДс значительно больше 40 мм рт. ст. Вместе с тем отмечается также повышение и уровня АДд.

Гипотонический тип реакции на пробу характеризуется незначительным изменением уровня АДс и АДд. Возможно некоторое снижение их уровня, а также уменьшение пульсового давления.

При дистоническом типе наблюдается незначительное повышение уровня АДс, а диастолическое АД, наоборот, значительно снижается, вследствие чего может возникать так называемый «феномен бесконечного тона», когда при измерении АД пульсацию можно слышать даже при опускании стрелки манометра к нулю.

Ступенчатый тип характеризуется ступенчатым повышением артериального давления, когда сразу после нагрузки оно не изменяется

(или изменяется незначительно), а на следующих минутах после нагрузки повышается и имеет скачкообразную динамику [49; 51].

Кроме классических пяти типов реакции рядом исследователей предлагается применять еще три характеристики – хорошая, удовлетворительная и неудовлетворительная. Данные характеристики авторами А.В. Кабачковой, А.Н. Захаровой (2021) описываются следующим образом: «...в оценке текущего состояния важна комбинированная реакция, когда одновременно присутствуют признаки различных атипичных реакций при замедленном периоде восстановления. Наличие комбинированной реакции и замедление периода восстановления точно отражает плохое функциональное состояние и снижение уровня тренированности. По мнению ряда исследователей, основной недостаток большинства функциональных проб – отсутствие количественных показателей работоспособности – можно компенсировать характеристикой качества выполнения нагрузки (в том числе следить за точным соблюдением заданного темпа, высотой подъема коленей при беге и пр.). Важно помнить, что проба ценна при динамических наблюдениях. Появление атипичных реакций у занимающегося, который ранее демонстрировал нормотоническую реакцию, или замедление восстановления уже указывает на ухудшение функционального состояния. Повышение же уровня тренированности сопровождается улучшением качества реакции и ускорением восстановления...» [51, с. 29–31].

Сегодня данная проба применяется в диспансерах спортивной медицины для обследований лиц массовых разрядов по различным видам спорта. Также она широко используется в физической культуре и спорте для оценки функционального состояния организма, подверженного любого рода нагрузкам. В клинической практике спортивной медицины проба применяется для изучения функциональных возможностей ССС. Многолетний практический опыт показывает, что лицам до 40, без выраженных патологических отклонений в состоянии здоровья можно выполнять 20 приседаний за 30 секунд, до 50 лет – 15 приседаний за 22 секунды [49].

С.В. Михайлова и соавт. (2016) использовали пробу Мартине–Кушелевского для изучения особенностей ФС студентов. Исследование физического развития с определением уровня функциональных резервов позволило авторам значительно углубить информацию как о морфофункциональном статусе организма человека, степени его дееспособности, так и о процессах формирования отклонений в ходе возрастного развития. Отмеченные физиологические закономерности в развитии функций организма имеют значение для анализа онтогенетического развития, для оценки ФС ведущих систем организма в последующей организации адекватных режимов физических нагрузок (физическое воспитание, спорт или лечебная физическая культура) [52].

Российскими учеными Л.И. Иржак и соавт. (2017) исследовалась электрокардиограмма здоровых детей в покое и в ответ на пробу Мартине–Кушелевского [53]. Установлено, что наименьшей изменчивостью

сегментов сердечного цикла в ответ на пробу Мартине–Кушелевского характеризуется интервал РТ (разница 5% с исходными), а наибольшей – интервал ТР (уменьшение длительности на 100% от исходных), а средний уровень изменений отмечен в интервале РР (уменьшение длительности на 17% от исходных). То есть проба Мартине–Кушелевского, совместно с применением электрокардиограммы, позволяет дать характеристику временным особенностям кардиокомплекса под воздействием физической нагрузки.

Специалистами в области информационных технологий Н.В. Коряковской, С.А. Малышевой (2015) исследованы 40 спортсменов на предмет изменения гемодинамических показателей после пробы Мартине [54]. Результатом является разработка кибернетической модели проведения пробы Мартине, а также схемы процесса саморегуляции АДс после кратковременной нагрузки. Также в данном исследовании было установлено усиление по каналу «кратковременная нагрузка – изменение ЧСС» у лыжников в 2 раза большее, чем у акробатов. Следовательно, по данным кибернетической модели можно говорить о превосходстве преимущественно аэробных видов спорта, по сравнению с другими по данному параметру. Проба Мартине в данном исследовании выступает как некий фактор, оценивая влияние которого можно судить об эффективности адаптации спортсменов и физкультурников к физическим нагрузкам.

Авторы А.В. Куприянов и соавт. (2014) провели исследование, заключающееся в динамической оценке параметров центральной гемодинамики после пробы Мартине–Кушелевского у лыжников-гонщиков и испытуемых, не занимающихся спортом (контрольная группа), до начала специально-подготовительного этапа и после него [55]. По данным повторного исследования установлено, что изменение параметров центральной гемодинамики лыжников-гонщиков происходит по нормотоническому типу реакции. Напротив, в контрольной группе результаты исследований соответствовали гипотоническому типу, указывающему на нерациональность усиления кровообращения с точки зрения экономизации кардиореспираторной системы [67]. То есть пробу Мартине–Кушелевского целесообразно использовать в динамическом контроле эффективности учебно-тренировочного процесса.

Авторами Я.В. Калининской, В.И. Сютин (2014) проба Мартине–Кушелевского применяется в качестве способа определения функционального состояния ССС студенток в процессе проведения занятий оздоровительной аэробикой [56]. Авторы данной работы в теоретическом плане опираются на факт о том, что экономизация деятельности и увеличение функционального резерва в ответ на повышение нагрузки есть главный механизм, обеспечивающий адаптацию ССС [56]. А проба с физической нагрузкой – это способ изучения эффективности адаптации.

С целью исследования влияния физической нагрузки на морфофизиологические показатели и показатели ВСР С.Н. Лычагина и соавт. (2014) использовали данные ВСР в исходном состоянии и после выполнения пробы Мартине–Кушелевского [57]. Данная работа является единственной,

которая была обнаружена при анализе научной литературы, исследующей влияние пробы Мартине–Кушелевского на вариабельность сердечного ритма. Авторы работы заключают, что изменения ВСР в ответ на пробу с физической нагрузкой связаны с индивидуальными особенностями ВНС, а не с половыми различиями испытуемых. Хочется отметить, что авторы данного труда не проводят физиологической интерпретации тех изменений ритма сердца, которые зафиксированы после пробы Мартине–Кушелевского. Однако данной задачи в исследовании и не ставилось, поэтому в практической части работы будут представлены попытки физиологической интерпретации подобных результатов, которые в последующем подведут нас к разработке способа оценки ФС организма.

Вместе с тем в своих исследованиях С.В. Романова отмечает малоинформативность пробы Мартине–Кушелевского у высококвалифицированных спортсменов [58]. Возможно, что 20 приседаний за 30 секунд являются достаточно низкой физической нагрузкой для тренированного спортсмена, однако, на наш взгляд, при использовании данной пробы не должна стоять задача выполнить максимальную нагрузку или повысить физиологические показатели до границ функционирования тренированного организма. Данный вид физической нагрузки позволяет провести мобилизацию деятельности ССС и оценить ее эффективность, а также скорость восстановления и даже у высококвалифицированных спортсменов будут наблюдаться изменения в функционировании ССС после данной пробы. Возможно, они будут крайне быстро восстанавливать исходные значения, но это несколько не указывает на несостоятельность и нецелесообразность данной пробы, а свидетельствует о высоком уровне ФС организма данного спортсмена.

Российские ученые В.А. Аикин и соавт. (2011) с целью исследования влияния подводного плавания с аквалангом на ФС сердечно-сосудистой системы детей в начале курса обучения дайвингу оценили реакцию ССС на пробу Мартине–Кушелевского [59]. Отмечается, что в настоящее время большое распространение получают простые и весьма информативные пробы, которые характеризуют механическую деятельность сердца и состояние аппарата кровообращения в целом, одной из которых и является проба Мартине–Кушелевского [60]. Полученные в настоящем исследовании результаты показали, что пробу Мартине–Кушелевского целесообразно использовать как одно из высокоинформативных и неинвазивных средств комплексной диагностики ФС организма при подводных погружениях.

Все вышерассмотренные функциональные пробы, наряду с более подробно представленной пробой Мартине–Кушелевского, достаточно информативны, легко стандартизированы и решают целый ряд своих задач, по оценке некоторых компонентов функционирования целостного организма. Однако, по нашему мнению, им не хватает «точности» и объективности. То есть, оценивая реакцию артериального давления либо частоты сердечных сокращений на эти пробы, мы уже получаем ценную информацию, но мы не можем ее объективно интерпретировать, анализируя только

эти показатели, поскольку они аккумулируют в себе влияние большого количества систем организма и факторов. Поэтому сегодня для интерпретации результатов функциональных проб широко используются методы исследования вариабельности сердечного ритма. Оценка вариабельности ритма сердца – один из наиболее часто применяемых в практике медицины спорта метод оценки состояния ВНС и ФС организма в целом [22]. Его более подробная характеристика будет рассмотрена ниже.

1.2.2 Вариабельность сердечного ритма как способ повышения объективности в оценке функционального состояния организма

Вариабельность сердечного ритма – это изменчивость временных промежутков между сердечными сокращениями. Эта изменчивость впервые отмечена в 1760 г. А. Галлером [61]. Однако технология оценки и работы с изменчивостью ритма начала развиваться позже, в СССР. Данная разработка принадлежит основоположникам космической медицины – академику В.В. Парину и профессору Р.М. Баевскому [62]. Дальнейшая работа с методом показала возможность использования оценки ВСР в спорте для решения задач медико-биологического сопровождения учебно-тренировочного процесса [61]. В частности, для оценки ФС и готовности организма спортсмена к физической деятельности.

Анализ ВСР основывается на исследовании механизмов регуляции функций организма, а именно на общей активности механизмов регуляции, нейрогуморальной регуляции, соотношения между симпатическим и парасимпатическим звеньями ВНС. Активность симпатического и парасимпатического звеньев является итогом функционирования многоуровневой системы регуляции кровообращения, которая динамически изменяется во времени для наиболее эффективного приспособления к запросам окружающей среды. Анализируя реакцию данной системы организма на приспособление к изменяющимся условиям, можно оценивать адаптационную реакцию целостного организма [63].

В более узком смысле метод исследования ВСР заключается в выявлении и измерении временных интервалов между R-зубцами, а также в построении на их основе динамических рядов кардиоинтервалов (КИ) и анализе полученных рядов сердечных сокращений математическими методами [63].

Самая ценная информация о состоянии систем, которые регулируют ритм сердца, скрывается в степени разброса длительностей кардиоинтервалов. Также важно учитывать и текущий уровень функционирования системы кровообращения [63].

Среди методов анализа кардиоинтервалограммы Е.А. Гаврилова выделяет две основные группы: «...временные и частотные. К временным методам относятся статистический анализ и геометрические методы, к частотным – спектральный анализ...» [64]. В каждой из этих групп имеются отдельные показатели, используя данные которых были разработаны

комплексные характеристики, включающие в себя два и более показателя, которые называют «индексами». С ростом количества показателей, учитывающихся при оценке, информация о ФС испытуемого становится более объемной и объективной.

В 1996 году Европейское кардиологическое общество совместно с Североамериканским обществом электрофизиологии разработало Международные стандарты для оценки вариабельности сердечного ритма [65]. Применяемые в данной работе показатели присутствуют в данном стандарте и являются рекомендованными им.

В настоящей работе использовались только некоторые показатели, относящиеся к временным и частотным областям, ниже они будут подробно рассмотрены.

Методы временной области:

SDNN – стандартное отклонение N-N-интервалов от среднего значения в мс. SDNN – интегральный показатель, отражающий наличие волновой структуры ритма. Он является одним из базовых показателей вариабельности ритма сердца, по данным которого оценивают состояние механизмов регуляции. Его величина демонстрирует суммарный эффект активности как симпатического, так и парасимпатического отделов ВНС [64].

RMSSD – рассчитывается как квадратный корень из квадратов средних разностей между соседними N-N-интервалами. Рост данного показателя связывают с усилением влияния парасимпатического звена регуляции при адаптации к изменяющимся условиям. Этот показатель является одним из самых информативных и ценных в оценке функционального состояния, поскольку он характеризует как вариабельность, так и автономность в регуляции сердечного ритма [47, с. 36].

pNN50 – отражает процент интервалов, которые превосходят 50 мс от общего количества пар интервалов N-N [66]. Чем в большей степени задействован центральный контур в регуляции сердечным ритмом, тем меньше значения данного показателя [67, с. 20].

Методы частотной области:

Высокочастотные колебания (HF-компонент) отражают степень влияния парасимпатического звена ВНС на деятельность синусового узла. Так, по мнению А.Р. Киселева [68], колебания волн высокой частоты представляют интерес для оценки адаптационного резерва. А высокий уровень парасимпатической активности в норме наблюдается у молодых здоровых лиц [66].

Волны, связанные с колебаниями симпатической системы, называются низкочастотными волнами (LF). Волны, которые выявляются в низкочастотном диапазоне спектра ВСР, раскрывают свойства центрального звена вегетативной регуляции ССС и указывают на активность симпатико-адреналовой системы и вазомоторного центра [64; 66].

Очень медленные, или очень низкочастотные, колебания (VLF) являются индикатором работы самого медленного уровня системы регуляции –

надсегментарного или энергометаболического [66]. В интерпретации VLF-волн до сих пор слишком много споров и разногласий, но наиболее приемлемой считается связь VLF с гуморально-метаболическими и церебральными эрготропными влияниями [64]. Профессор Н.И. Шлык отмечает, что активность данных волн связана с симпатическим отделом вегетативной регуляции (преимущественно надсегментарные отделы) [67, с. 24].

Сумма мощности всех волн обозначается как ТР (общий спектр мощности). У лиц, не занимающихся спортом, по Международным стандартам она составляет в среднем для 5-минутной записи РКГ $3466 \pm 1018 \text{ мс}^2$. У спортсменов в межсоревновательном периоде от 3000 мс^2 – у низкоквалифицированных спортсменов и до $19\,000\text{--}21\,000 \text{ мс}^2$ – у элитных [66]. Данный показатель отражает суммарный абсолютный уровень активности регуляторных систем [67].

Геометрические методы:

Мо – мода (мс) – это диапазон наиболее часто встречающегося значения КИ. Она указывает на преобладающий уровень функционирования синусового узла. Если доминирует симпатическое звено, то значение Мо уменьшается, а с преобладанием вагуса, напротив, увеличивается. Чем выше значения моды, тем лучшим текущим функциональным состоянием обладает организм [66] (при отсутствии патологий и учете других показателей).

АМо (амплитуда моды, %) – часть КИ, которые попадают в диапазон моды, по отношению ко всем встречающимся кардиоинтервалам. Уровень значений показателя АМо является условным показателем активности симпатического отдела ВНС и индикатором степени централизации управления ритмом сердца [67].

Показатели вариационной пульсометрии:

ВПР (вегетативный показатель ритма) представляет единицу, деленную на произведение моды и вариационного размаха: $\text{ВПР} = 1 \div \text{Мо} \times dX$. ВПР является индикатором вегетативного баланса с позиции активности автономного контура. Усиление его активности сочетается с уменьшением значения ВПР и со смещением вегетативного баланса на преобладание парасимпатического звена ВНС [66].

ИН (индекс напряжения систем регуляции) рассчитывается как $\text{АМо} \div 2dX \times \text{Мо}$ и показывает степень централизации в управлении ритмом сердца. Данный индекс – это наиболее часто применяемый интегральный показатель ВРС [66]. В нашей работе этот показатель играет ведущую роль. По динамике его изменений мы оцениваем вегетативный баланс в покое, а также скорость восстановления после нагрузки.

ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции) демонстрирует соответствие между активностью симпатического звена ВНС и ведущим уровнем функционирования синусового узла [66].

Все вышерассмотренные показатели имеют свою ценность в исследовании особенностей вегетативной регуляции и определении текущего уровня функционирования организма. Вместе с тем важно понимать,

что вегетативная регуляция является тем первичным маркером, деятельность которого может сигнализировать и даже предупреждать различные отклонения от оптимальной работы целостного организма. В этой связи нам видится весьма важным использовать именно этот компонент в совокупности с пробой с дозированной физической нагрузкой для получения объективного способа оценки ФС организма.

1.3 Проблема объективной интерпретации функционального состояния организма

Сегодня уже разработано большое количество методов, с помощью которых можно объективно оценивать различные регуляторные системы организма. Они отлично справляются со своими задачами узкой направленности, могут дать полную информацию о функционировании отдельных физиологических систем или органов. Однако зачастую эти способы не подходят для ежедневных, динамических исследований, которые просто необходимы в современном спорте. С одной стороны, для возможности конкурировать с элитными спортсменами в настоящее время высоких технологий необходимо использовать все доступные средства, способные положительно повлиять на соревновательный результат. С другой стороны, те нагрузки, которым подвергается организм высококвалифицированного спортсмена, предъявляют высокие требования к методам контроля за его функциональным состоянием во избежание перенапряжения, перетренированности, травм и патологических состояний. На практике тренеры не всегда воспринимают стороннюю помощь специалистов спортивной медицины, которые могут дать важную информацию о текущем состоянии организма его спортсмена. В итоге спортсмен выполняет тренировочный план без контроля его реальной функциональной готовности, что в дальнейшем может вести к вышеперечисленным последствиям.

В сложившейся ситуации весьма точно подходит высказывание исследователей [3] о том, что поиск и внедрение комплексных и эффективных способов оценки ФС организма являются одной из важнейших проблем спортивной медицины. Трудность интерпретации, безусловно, есть, но основная проблема заключается во внедрении этих способов в практику. На примере предлагаемого нами способа оценки хочется отметить возможность использования его без отрыва от тренировочного процесса. Это важно, поскольку, по нашему мнению, это одна из трудностей еженедельного и даже ежедневного, динамического контроля.

Предлагаемый способ основывается на оценке трех важнейших составляющих, которые характеризуют оптимальное приспособление организма к условиям спортивной деятельности:

- 1) проявление экономизации в покое за счет снижения напряжения регуляторных механизмов;
- 2) эффективная мобилизация систем и ресурсов при нагрузке;

3) быстрое и эффективное протекание восстановительных процессов после них [61; 64].

Исходный уровень проявления экономизации в покое является важным маркером, который отражает оптимальность функционирования организма в состоянии относительного покоя. В разъяснение важности второго компонента предлагаемого способа отмечаем, что более высокий функциональный резерв организма сочетается с меньшей степенью напряжения регуляторных механизмов в ответ на выполнение физической нагрузки [51]. Также оптимальность реакции регуляторных механизмов на выполнение физической нагрузки указывает на экономичность и стабильность функционирования эффекторных органов и систем организма [21, с. 178]. Наконец, ключевой компонент в предлагаемом способе оценки ФС организма, который отсутствует при одиночном выполнении вышерассмотренных проб, – это скорость восстановления исходного состояния.

Таким образом, оценивая исходное ФС организма, его изменение в ответ на пробу, а также величину данных изменений и динамику восстановления исходного состояния, можно сделать комплексное заключение о текущем функциональном состоянии организма и прогноз на возможность выполнения физической работы.

Под трудностью интерпретации ФС организма имеется в виду правильное понимание результатов, получаемых нами в исследовании и характеризующих ФС. Важной составляющей для анализа выступает величина сдвига показателей в ответ на нагрузку, а также динамика их изменений после пробы. Не менее важным является необходимость учета большого количества внешних и внутренних факторов, которые в настоящий момент влияют на испытуемого. Внешние факторы: время дня, окружение, жизненная ситуация. Внутренние факторы: качество сна, настроение, уровень мотивации. Оценивая ФС организма спортсмена, необходимо обязательно учитывать его вид спорта, спортивную квалификацию, период тренировочного процесса. Еще одним важным фактором, о котором не стоит забывать, является пол. Согласно современным научным представлениям, имеются некоторые особенности в уровне функционирования ССС у мужчин и женщин, что необходимо обязательно учитывать.

В предлагаемом способе оценки ФС организма за счет высокой стандартизации методики и широкой информативности получаемых данных мы с высокой степенью объективности подходим к оценке текущего состояния организма. А при динамическом контроле появляется возможность учета большого количества факторов, влияющих на ФС организма, что еще более повышает объективность данного способа.

Практическая часть работы начнется с рассмотрения особенностей изменения гемодинамических характеристик и показателей ВСР после выполнения пробы с физической нагрузкой (Мартине–Кушелевского).

Глава 2

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

2.1 Сравнительный анализ состояния и изменения гемодинамических показателей после дозированной физической нагрузки у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Функциональные изменения в организме спортсменов характеризуют состояние его здоровья и работоспособности с учетом индивидуальных особенностей каждого. К наиболее часто применяемым критериям оценки функционального состояния организма спортсменов относят параметры функционирования сердца, которые прямо отображают уровень готовности спортсмена к выполнению той или иной нагрузки или свидетельствуют об уровне восстановления организма после ее выполнения [69]. Поэтому принципиально важно изучать и понимать механизмы регуляции системы кровообращения, как они функционируют и как адаптируются к конкретной двигательной деятельности.

Занятия физической культурой и спортом способствуют совершенствованию функционального состояния сердечно-сосудистой системы, вырабатывают высокую приспособляемость к различным по интенсивности и характеру физическим нагрузкам [70]. Однако система физической культуры, к сожалению, еще далеко не совершенна и нуждается в глубоком изучении ее эффективности в условиях дальнейшего развития и создания прочной научной основы [71].

В настоящем исследовании были проведены анализ и обработка показателей центральной гемодинамики, а именно частоты сердечных сокращений и артериального давления. Измерение АД осуществлялось по методу Н.С. Короткова с использованием программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Регистрировались исходные значения, непосредственно после дозированной физической нагрузки и в процессе восстановления после 1-й, 2-х и 4-х минут. Обследовано 38 испытуемых в возрасте 18–20 лет, которые согласились принять участие в исследовании на добровольной основе с соблюдением всех биоэтических норм. Испытуемые были разделены на две группы: 1) 20 студентов факультета физической культуры и спорта (ФФК и С), которые занимаются спортом, а также имеют спортивные разряды и звания от III разряда до МС (группа спортсменов); 2) 18 студентов факультета социальной педагогики и психологии (ФСП и П), занимающихся

физической культурой 1–2 раза в неделю и не имеющих спортивных разрядов и званий (группа контроля). Практически все испытуемые обеих групп были мужского пола. С испытуемыми было проведено анкетирование на предмет выявления хронических заболеваний, которые могут повлиять на результат. К исследованию приступали в тихой комнате, в отсутствие посторонних лиц. Обследования проводились в 12–14 часов после учебных занятий. Были приняты всевозможные меры по устранению звуковых и световых помех (телефон и т.д.).

В роли дозированной физической нагрузки выступала проба Мартине–Кушелевского, которая проводилась следующим образом: испытуемый садился на стул, ему надевалась манжета для измерения АД, спустя 1–1,5 мин (когда исчезали рефлекс и возбуждение, вызванное наложением манжеты) фиксировались исходные значения АД и ЧСС. Затем испытуемый вставал со стула и выполнял 20 приседаний. Испытуемый приседал за 30 сек под стук метронома (1 приседание в течение 1,5 сек) по традиционной методике. После выполнения приседаний испытуемый сразу садился на стул, у него фиксировались показатели ЧСС и АД непосредственно после нагрузки и после 1-й, 2-х, 4-х минут восстановления.

Интегральная характеристика деятельности сердечно-сосудистой системы, ее состояние и реактивность, механизмы регуляции гемодинамических параметров при различных функциональных состояниях студентов (относительный покой, при выполнении пробы с физической нагрузкой) обеспечивается расчетом дополнительных показателей (таблица 1).

Таблица 1 – Расчетные показатели для интегральной характеристики гемодинамических показателей и механизмов его регуляции

Тип саморегуляции кровообращения (ТСК)	$TCK = (AD_d / ЧП) \cdot 100$
Ударный объем крови (УОК)	$УО = 90,97 + 0,54 \cdot ПД - 0,57 \cdot АД_d - 0,61 \cdot В$
Минутный объем кровообращения (МОК)	$МОК = УО \cdot ЧП$
Вегетативный индекс Кердо (ВИК)	$ВИК = (1 - АД_d / Пульс) \cdot 100$

Примечание: ПД – пульсовое давление, АД_д – артериальное давление диастолическое, В – возраст, ЧП – частота пульса, АД_с – артериальное давление систолическое.

Показатель УОК в настоящем исследовании определялся по формуле Старра [72]. А на его основании рассчитывался МОК, который характеризует общее количество крови, перекачиваемое правым и левым отделами сердца в течение 1-й минуты, а также МОК является одним из важнейших показателей, отражающих не только работу ССС, но также и уровень обменных и энергетических процессов в организме [73; 74]. С помощью индекса Кердо мы определяли степень влияния на ССС вегетативной нервной системы. Полученные же данные по типу саморегуляции кровообращения дают нам возможность оценить уровень напряжения в регуляции ССС

(сердечно-сосудистый тип, сосудистый тип, сердечный тип кровообращения). Тип саморегуляции кровообращения отражает фенотипические особенности организма.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург) и Microsoft Excel 2010. Значения регистрируемых и расчетных показателей представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение. Нормальность распределения проверялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Для определения уровня достоверности различий между исходными результатами и после пробы использовали U-критерий Манна–Уитни, а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента.

Организм приспосабливается к физической нагрузке, по большей части за счет повышения активности ССС, которая проявляется через увеличение частоты пульса. Здоровые люди адаптируются к физической нагрузке оптимальным способом, а именно с помощью повышения величины УОК и ЧСС [21; 74].

В исходном состоянии у групп спортсменов (I группа) средний показатель ЧСС составил $63,1 \pm 8,9$ уд./мин, а сразу после проведения пробы увеличился на 45% и составил $91,4 \pm 12,1$ уд./мин (таблица 2). Уже ко 2-й минуте восстановления значения ЧСС спортсменов снижаются в среднем до $65 \pm 10,3$ уд./мин, а к 3-й и 5-й минутам опускаются и вовсе ниже исходных $61,1 \pm 8$ уд./мин и $61 \pm 7,7$ уд./мин соответственно. В спортивной физиологии такой феномен описывается как «отрицательная фаза» пульса и обычно наблюдается у спортсменов с хорошей физической подготовкой, что подтверждается и в нашем эксперименте. Анализ данных по показателю ЧСС у группы лиц, не занимающихся спортом, выявил исходно высокие значения ЧСС – $86,8 \pm 16,8$ уд./мин. Проба с физической нагрузкой у II группы испытуемых также вызвала положительный хронотропный эффект, но в процентном соотношении – меньший. Частота сердечных сокращений увеличилась на 35% от исходного и составила $117,6 \pm 20,1$ ($p < 0,001$) (рисунок 1). Меньшая процентная реактивность у лиц, не занимающихся спортом, кажется на первый взгляд нелогичной, однако причиной этого, скорее всего, явились исходно большие значения ЧСС перед нагрузкой.

Таблица 2 – Данные изменения центральной гемодинамики после выполнения дозированной физической нагрузки

Показатель	Группа	Исходное состояние	После пробы	После 1-й минуты	После 2-х минут	После 4-х минут
ЧСС – частота сердечных сокращений	I	63,1±8,9	**91,4±12,1	65±10,3	*61,1±8	*61±7,7
	II	86,8±16,8	**117,6±20,1	*94,1±19,1	88±16,7	87,6±14,6
АДс – артериальное давление систолическое	I	124,8±12,6	**139,8±17,1	*131,7±16	*131±12,6	125,8±11,3
	II	120,7±16,9	**132,9±19,2	123,1±11,8	120,7±11,7	119,6±11,8
АДд – артериальное давление диастолическое	I	78,1±8,8	79,5±11,9	75,6±9,4	77,3±6,6	76,8±10
	II	80,4±8,3	82,1±8,3	78,6±5	80±6,8	79,3±6,5
ТСК – тип саморегуляции кровообращения	I	125,9±22	**88,2±15,7	*119±23,6	128,8±20,9	127,3±19,7
	II	96,3±18	**71±16,1	*87,7±18,5	95,3±21,6	93,8±17
УОК – ударный объем крови	I	59,1±5,7	*65,7±13,8	*65,6±7,9	*63,3±7,2	61,1±9,1
	II	52,2±7	*58,3±10,4	**58,6±2,3	55,7±7,3	55,9±8,6
МОК – минутный объем крови	I	3,73±0,63	**5,99±1,52	**4,24±0,76	3,86±0,61	3,71±0,66
	II	4,46±0,86	**6,82±1,36	**5,39±0,93	*4,81±0,93	*4,82±0,92
ВИК – вегетативный индекс Кердо	I	–25,9±22	**11,8±15,7	*–19±23,6	–28,8±20,9	–27,3±19,4
	II	6,5±15,1	**28,9±16,7	*15,8±13,6	9,2±13,7	9,86±11,5

Примечание: I – спортсмены, II – контроль. Достоверность различий рассчитывалась между: исходное – после пробы, исходное – 2 мин, исходное – 3 мин, исходное – 4 мин. Значимость различий: *p<0,05, **p<0,001.

Восстановление исходных значений ЧСС у группы, не имеющей отношения к занятиям спортом, в отличие от спортсменов, происходит более медленно. На протяжении 2-й минуты после выполнения пробы у них фиксировалась ЧСС $94,1 \pm 19,1$ уд./мин ($p < 0,05$), это +8,4% от исходного значения, в сравнении с +3% у спортсменов, на том же промежутке времени. К 3-й и 5-й минутам значения их ЧСС так и не вернулись к исходным и составляли $88 \pm 16,7$ уд./мин и $87,6 \pm 14,6$ уд./мин соответственно.

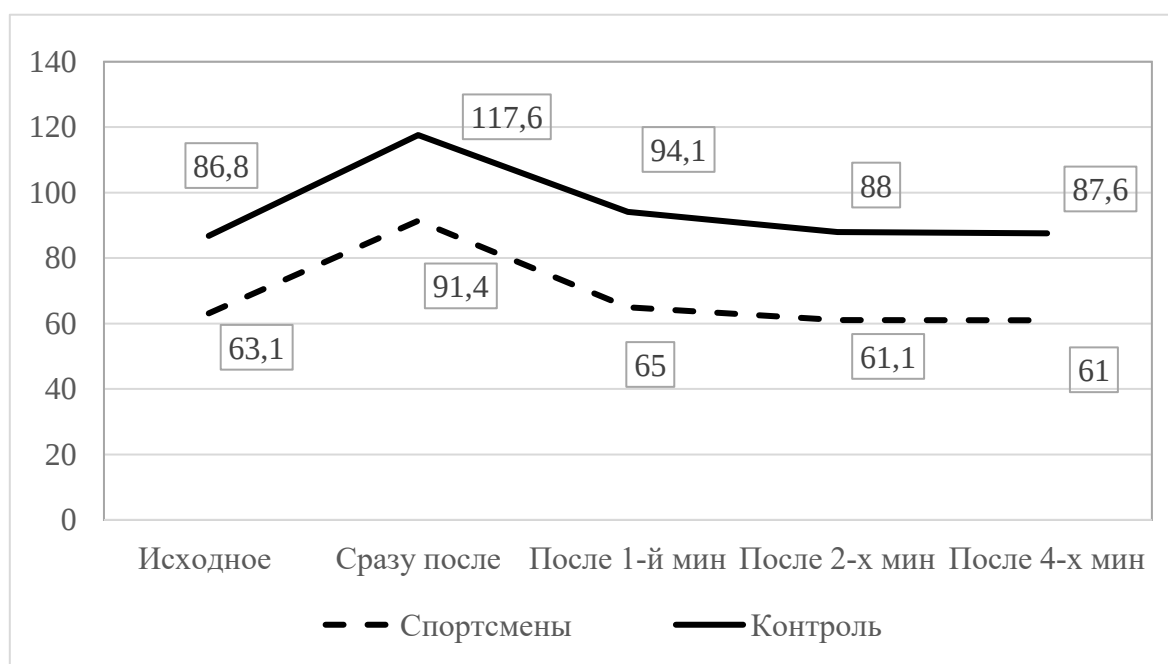


Рисунок 1 – Динамика частоты сердечных сокращений после пробы с физической нагрузкой

Уровень артериального давления в исходном состоянии по группе спортсменов составлял 125/78 мм рт. ст. Проведение пробы Мартине–Кушелевского повысило уровень АДс на 12% (140 ± 17). Наибольший интерес приковывает дальнейшая динамика АД: на 2-й и 3-й минутах АДс сохраняет высокие показатели $131,7 \pm 16$ и $131 \pm 12,6$ соответственно, а после 4-й минуты восстановления снижается до исходных 126 ± 11 (рисунок 2). Такая динамика объясняется наиболее эффективным способом адаптации организма спортсменов к нагрузке через поддержание повышенного АДс в целом и показателя ударного объема крови в частности, что согласуется с мнением авторов [16; 75; 76; 77]. Адаптация же к нагрузочной пробе у II группы, по данным настоящего эксперимента, происходит не самым оптимальным вариантом. Исходные значения их АД составляли 120,7/80,4 мм рт. ст. Уже здесь можно отметить, что адаптация организма в условиях относительного покоя, но под действием факторов внешней среды происходит по большей части за счет ЧСС ($86,8 \pm 16,8$ уд./мин). Оценивая особенности изменений сосудистого тонуса, необходимо обратить внимание на реактивность АДс

после выполнения дозированной физической нагрузки. Она выразилась в увеличении этого показателя на 10% от исходных и составила $132,9 \pm 19,2$ ($p < 0,001$). Наибольший интерес и подтверждение нерационального с точки зрения экономизации способа адаптации к нагрузке кроется в дальнейшей динамике АДс. Уже на 2-й минуте восстановления от реактивности АДс остается только +2% от исходного, однако по показателю ЧСС ($94,1$ уд./мин) и по субъективному наблюдению экспериментатора (частота дыхания) восстановление еще не наступило. Это означает, что настоящая (на 2-й минуте) и дальнейшая адаптация происходит за счет повышенного ЧСС, а это не самый оптимальный способ. После 2-х и 4-х минут восстановления значения АДс опускаются и вовсе ниже исходных $120,7 \pm 11,7$ и $119,6 \pm 11,8$ соответственно.

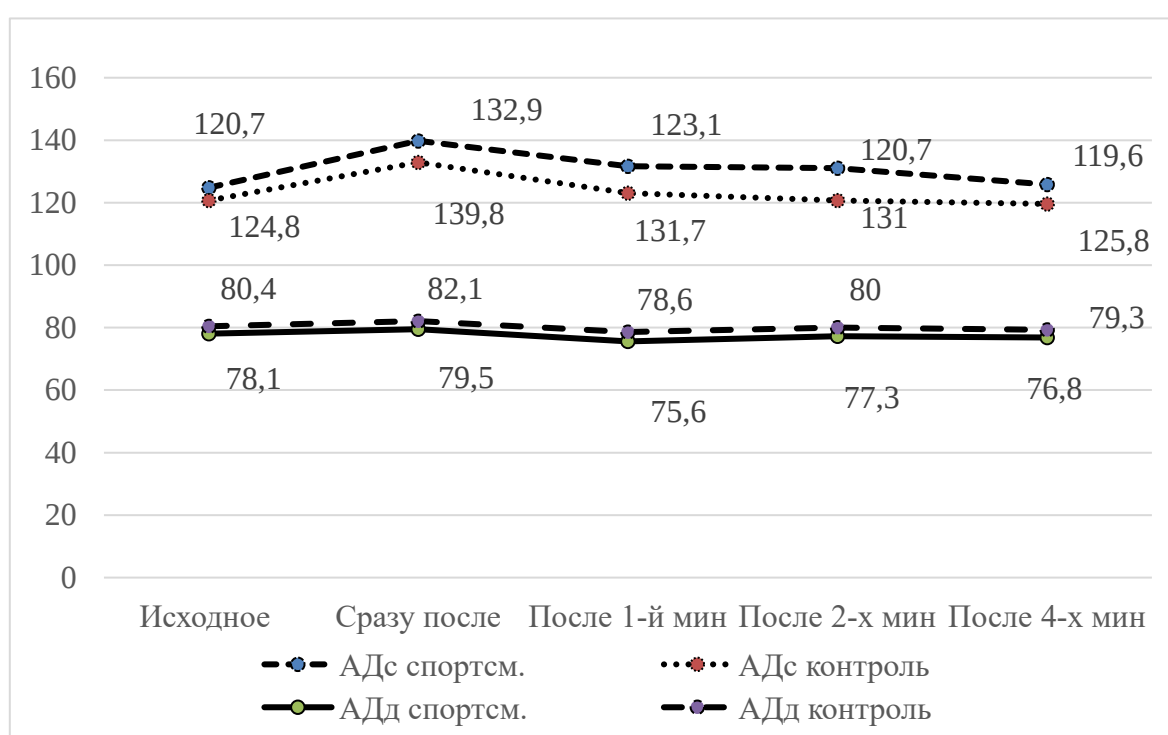


Рисунок 2 – Динамика артериального давления после пробы с физической нагрузкой

Увеличение частоты и силы сердечных сокращений приводит к закономерному увеличению такого интегрального показателя функционирования ССС, как минутный объем кровообращения. В исходном состоянии у спортсменов этот показатель составлял $3,73 \pm 0,63$ л. Реактивность МОК после нагрузки выразилась в увеличении его значений на 61%, в сравнении с исходными, и составила $5,99 \pm 1,52$ л ($p < 0,001$). На 2-й минуте восстановления показатель МОК снизился до $4,24 \pm 0,76$ л ($p < 0,001$). Здесь стоит еще раз отметить, что ко 2-й минуте ЧСС спортсменов практически вернулся к исходным, из этого следует, что повышенное значение МОК относительно исходного поддерживается по большей части за счет высоких значений УОК и АДс. После 2-х и 4-х минут значения МОК возвращаются

к исходным – $3,86 \pm 0,61$ л и $3,71 \pm 0,66$ л соответственно. Касательно группы лиц, не занимающихся спортом, хочется отметить, что их исходные значения МОК были значительно выше $4,46 \pm 0,86$ л, чем у спортсменов, что объясняется более высокой частотой сердечных сокращений. После пробы с физической нагрузкой их значения МОК увеличились на 53% (61% у спортсменов) и составили $6,82 \pm 1,36$ л ($p < 0,001$). Дальнейшая динамика изменений МОК не вызывает особого интереса, поскольку МОК напрямую зависит от ЧСС, за счет которого восстанавливаются испытуемые II группы, и, соответственно, здесь схожая динамика.

Ударный объем крови, о котором уже упоминалось выше, является тем оптимальным механизмом, за счет которого спортсмены в нашем исследовании адаптировались к предъявляемой нагрузке. Исходное значение показателя УОК спортсменов составляло $59,1 \pm 5,7$ мл, после проведения пробы Мартине–Кушелевского он увеличился на 11% и составил $65,7 \pm 13,8$ мл ($p < 0,05$). После 1-й минуты восстановления значения УОК зафиксированы в том же диапазоне значений – $65,6 \pm 7,9$ мл ($p < 0,05$), что и сразу после нагрузки (рисунок 3). Здесь отмечаем, что, хотя средние значения УОК по группе спортсменов на 2-й минуте восстановления не изменились, в сравнении со значением непосредственно после нагрузки, но при индивидуальном рассмотрении их динамики все не так однозначно. Всего в исследовании участвовало 20 спортсменов, так у 11-ти из них значения УОК на 2-й минуте снижаются, у 5-х повышаются, а у остальных остаются без существенных изменений. Возможно, такая неоднозначная реакция связана с различным уровнем тренированности спортсменов, следовательно, 11-ти более подготовленным испытуемым может быть достаточно 60–80 сек для восстановления после пробы 20 приседаний за 30 секунд. На 3-й и 5-й минутах значения ударного объема крови снижаются до $63,3 \pm 7,2$ мл и $61,1 \pm 9,1$ мл, однако после 4-х минут восстановления значения УОК у спортсменов так и не вернулись к исходным. У испытуемых, относящихся к группе лиц, не занимающихся спортом, отмечаются схожая реактивность и динамика значений УОК, однако она протекает в более низких значениях. Исходное значение их УОК составляло $52,2 \pm 7$ мл. После нагрузочной пробы ударный объем увеличился на 12% и составил $58,3 \pm 10,4$ ($p < 0,05$). На 2-й минуте восстановления УОК, как и у спортсменов, остается на том же уровне $58,6 \pm 2,3$ ($p < 0,001$). После 2-х и 4-х минут восстановления значения показателя УОК практически не отличаются и составляют $55,7 \pm 7,3$ и $55,9 \pm 8,6$ соответственно.

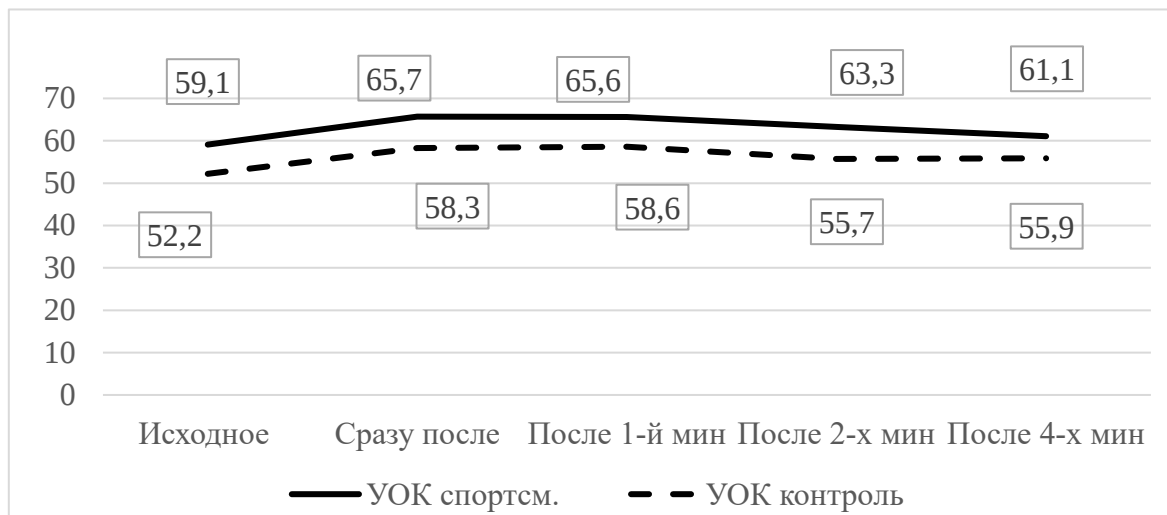


Рисунок 3 – Динамика ударного объема крови после пробы с физической нагрузкой

На основании расчетных показателей типа саморегуляции кровообращения и вегетативного индекса Кердо установлены характерные особенности функционирования регуляторных механизмов и адаптационного потенциала системы кровообращения [77] у спортсменов и лиц, не имеющих отношения к спорту. Значения ВИК в исходном состоянии у двух групп испытуемых имеют существенные различия (рисунок 4). Так, у спортсменов до пробы ВИК составлял $-25,9 \pm 22$ у.е., что свидетельствует о выраженном преобладании у них парасимпатического звена ВНС в управлении ССС. У группы не занимающихся спортом, напротив, доминирующее влияние на стороне симпатического звена ($6,5 \pm 15,10$ у.е.). Проба Мартине–Кушелевского обеспечила обеим группам испытуемых усиление симпатикотонии, но у представителей контрольной группы доля вклада симпатического отдела значительно выше $28,9 \pm 16,7$ у.е. ($p < 0,001$), против $11,8 \pm 15,7$ у.е. ($p < 0,001$) у спортсменов. При сравнении уровня реактивности значений показателя ВИК можно отметить, что у спортсменов он выше на $+37,7$ у.е. в сторону симпатикотонии, против $+22,4$ у.е. у представителей II группы. Также необходимо подчеркнуть, что высокое значение стандартного отклонения ВИК сразу после нагрузки объясняется присутствием испытуемых, которые исходно имели очень высокие значения ВИК в сторону парасимпатии и после нагрузки преобладающее влияние осталось на стороне парасимпатического звена ВНС, что свидетельствует об очень высоком уровне их адаптационного потенциала и хорошей тренированности. Анализируя динамику восстановления «вегетативного баланса», обращает на себя внимание быстрое восстановление спортсменов, уже на 2-й минуте их значения ВИК составляли $-19 \pm 23,6$ у.е. ($p < 0,05$). А после 2-х и 4-х минут восстановления значения их ВИК опустились и вовсе ниже исходных $-28,8 \pm 20,9$ у.е. и $-27,3 \pm 19,4$ соответственно. У студентов II группы динамика изменений индекса Кердо схожая со спортсменами, однако протекает она в диапазоне симпатических значений. Так, на 2-й минуте восстановления происходит уменьшение симпатических влияний на ССС до $15,8 \pm 13,6$ у.е. ($p < 0,05$), а на 3-й и 5-й минутах до $9,2 \pm 13,7$ и $9,86 \pm 11,5$ соответственно.

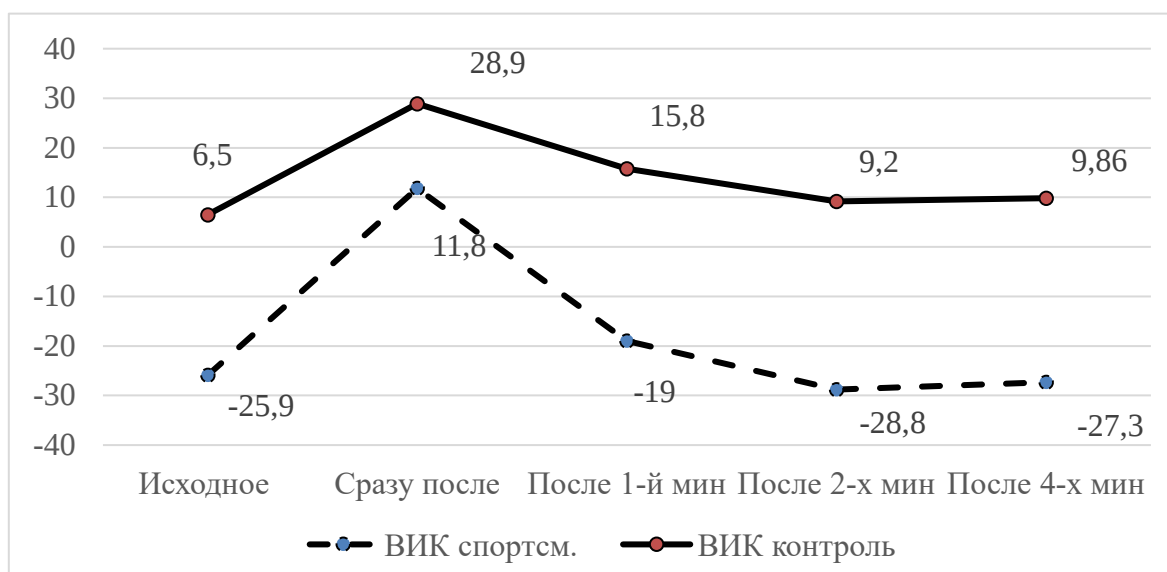


Рисунок 4 – Динамика вегетативного индекса Кердо после пробы с физической нагрузкой

При сравнении исходных показателей типа саморегуляции кровообращения у групп, не занимающихся спортом, и спортсменов обращает на себя внимание большая разница в их значениях. Так, у испытуемых группы спортсменов средние значения ТСК, которые обуславливают наличие типа саморегуляции, составляли $125,9 \pm 22$, что указывает на выраженный сосудистый ТСК, а у студентов II группы, напротив, сердечно-сосудистый, или как его называют, сбалансированный тип саморегуляции кровообращения. Однако, несмотря на сбалансированный тип ТСК у группы не занимающихся спортом, экономизация в регуляции кровообращения и более высокий уровень функциональных резервов – на стороне спортсменов с сосудистым типом. Анализируя изменения значений, характеризующих ТСК, в ответ на дозированную физическую нагрузку, стоит отметить значимое снижение его значений: на 30% у спортсменов и на 26% у не занимающихся спортом. Такое изменение значений и их текущий уровень, возможно, указывают на усиление кардиотропных влияний в регуляции [77].

С целью выявления особенностей взаимосвязи показателей центральной гемодинамики у групп спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, был проведен корреляционный анализ. Изучались уровни корреляционной связи в состоянии покоя, сразу после выполнения пробы с физической нагрузкой, а также в процессе восстановления после нее. На рисунках 5, 6 представлены связи с силой ($>0,60$) и уровнем достоверности ($p < 0,05$). На рисунке 5 продемонстрированы корреляционные связи показателей центральной гемодинамики у группы спортсменов. Наибольшее количество сильных связей у данной группы наблюдается в исходном состоянии и после 4-х минут восстановления. В исходном состоянии показатель ЧСС положительно связан с МОК ($0,82$; $p < 0,05$) и ВИК ($0,73$; $p < 0,05$), а также отрицательно с типом саморегуляции кровообращения ($-0,73$; $p < 0,05$). Показатель АДд характеризуется наличием положительной корреляционной с ТСК ($0,50$; $p < 0,05$), АДс ($0,82$; $p < 0,05$)

и отрицательной с показателями УОК ($-0,73$; $p < 0,05$), ВИК ($-0,50$; $p < 0,05$). Показатель минутного объема крови зависит от величины ЧСС ($0,82$; $p < 0,05$) и ударного объема крови ($0,57$; $p < 0,05$), а также характеризуется меньшими значениями при повышении значений ТСК ($-0,87$; $p < 0,05$). Вегетативный индекс Кердо повышается с увеличением ЧСС ($0,73$; $p < 0,05$), УОК ($0,50$; $p < 0,05$), МОК ($0,87$; $p < 0,05$) и, напротив, отрицательно связан с АДд ($-0,50$; $p < 0,05$).

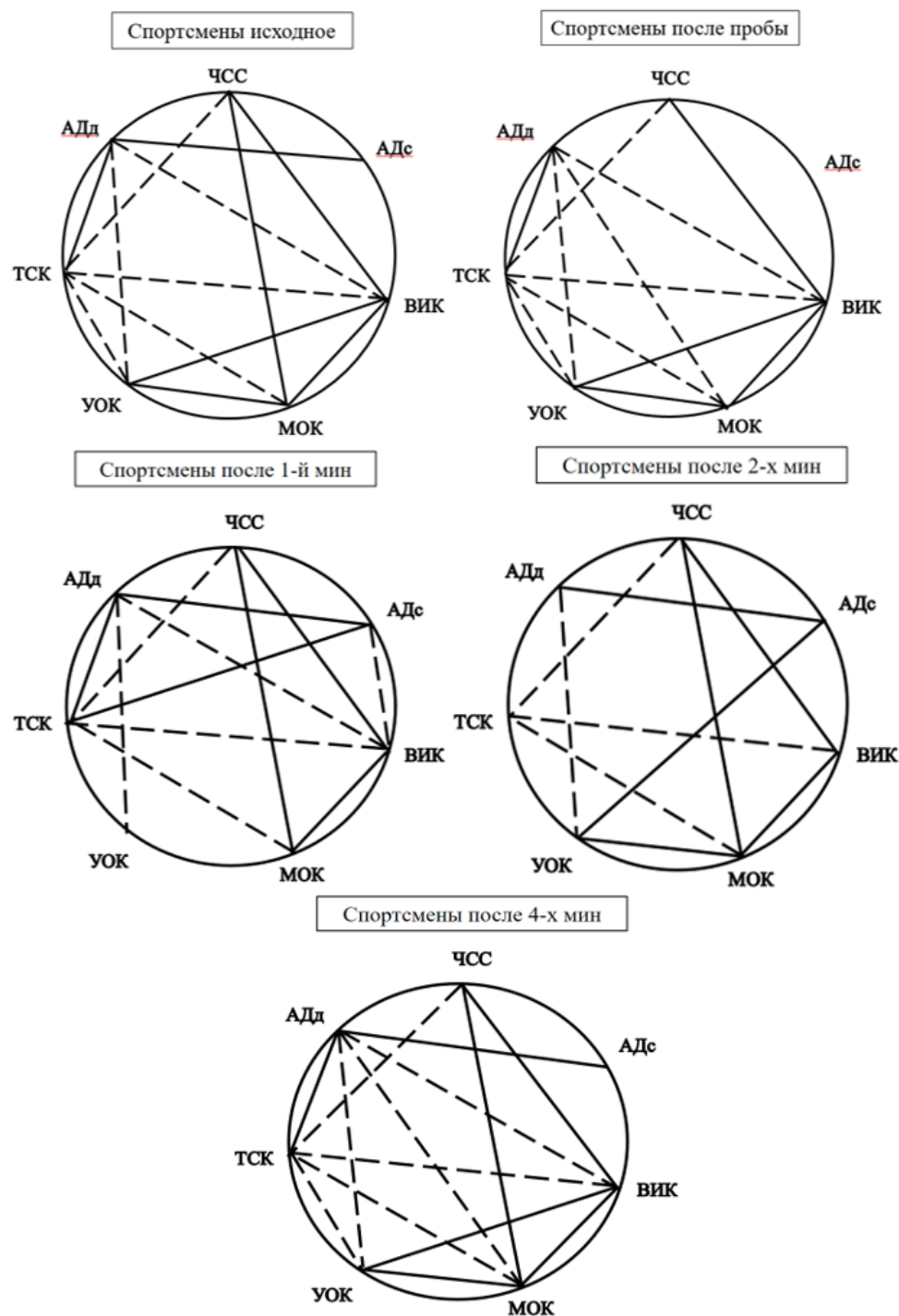


Рисунок 5 – Корреляционные связи показателей центральной гемодинамики у группы спортсменов

Непосредственно после выполнения 20 приседаний за 30 секунд отмечается некоторое изменение корреляционных взаимосвязей показателей центральной гемодинамики в группе спортсменов. Теперь показатель минутного объема крови в меньшей степени связан с частотой сердечных сокращений (0,39), но в большей – с уровнем АДд ($-0,67$; $p < 0,05$). Также наблюдается уменьшение силы связи между уровнем систолического и диастолического АД (0,28), в сравнении с исходным состоянием. Уровень связей между оставшимися показателями сохраняется на прежнем уровне, но в целом можно отметить небольшое уменьшение количества средних и сильных связей сразу после выполнения физической нагрузки.

В процессе восстановления после пробы Мартине–Кушелевского отмечаются изменения силы корреляционных связей некоторых показателей, наряду с устойчивостью их направленности. Так, после 1-й минуты отдыха у спортсменов наблюдается высокая плотность взаимосвязей систолического АД с показателями АДд (0,67; $p < 0,05$), ТСК (0,49; $p < 0,05$), ВИК ($-0,49$; $p < 0,05$), чего не было в исходном состоянии и непосредственно после пробы. Также в данном временном промежутке минутный объем кровообращения оказался положительно взаимосвязан с ЧСС (0,73; $p < 0,05$) и в значительно меньшей степени с ударным объемом крови (0,43). Вновь появляется связь уровня систолического АД с диастолическим (0,67; $p < 0,05$), как в исходном состоянии.

После 2-х минут восстановления у группы спортсменов уменьшается количество сильных корреляционных связей, в сравнении с периодом после 1-й минуты. Однако уже после 4-х минут отдыха наблюдается наибольшее количество средних и сильных связей. Наряду со всеми имеющимися в исходном состоянии связями установлена отрицательная связь минутного объема крови с показателем АДд ($-0,58$; $p < 0,05$). Таким образом, у группы спортсменов большее количество связей отмечается в исходном состоянии и после 4-х минут восстановления. Данная особенность может являться свидетельством высокой синхронизации различных компонентов, которые обеспечивают насосную функцию сердца [9].

При анализе взаимосвязей показателей центральной гемодинамики у группы лиц, не занимающихся спортом, отмечаются некоторые особенности, среди которых есть как схожие со спортсменами, так и отличающиеся (рисунок 6). У группы неспортсменов в исходном состоянии показатель ЧСС положительно связан с минутным объемом кровообращения (0,64; $p < 0,05$), ВИК (0,78; $p < 0,05$), а также отрицательно с типом саморегуляции кровообращения ($-0,78$; $p < 0,05$). Тип саморегуляции кровообращения у данной группы также отрицательно связан с ЧСС ($-0,78$; $p < 0,05$) и ВИК ($-1,0$; $p < 0,05$), однако отсутствует достоверная средняя или сильная связь с показателями УОК ($-0,22$) и АДд (0,33), в отличие от имеющейся таковой у спортсменов. Вегетативный индекс Кердо положительно связан с ЧСС (0,78; $p < 0,05$) и МОК (0,80; $p < 0,05$), но слабо связан с показателем ударного объема крови (0,22), в отличие от группы спортсменов (0,50; $p < 0,05$).

Сразу после выполнения дозированной физической нагрузки студентами группы контроля отмечается наличие всего шести достоверных средне-сильных связей между показателями центральной гемодинамики. Относительно исходного состояния, после выполнения пробы снижается сила связи показателя МОК с частотой сердечных сокращений (0,46) и, напротив, повышается сила его взаимосвязи с АДд ($-0,67$; $p < 0,05$). Также уменьшается сила связи ТСК с ЧСС (0,36).

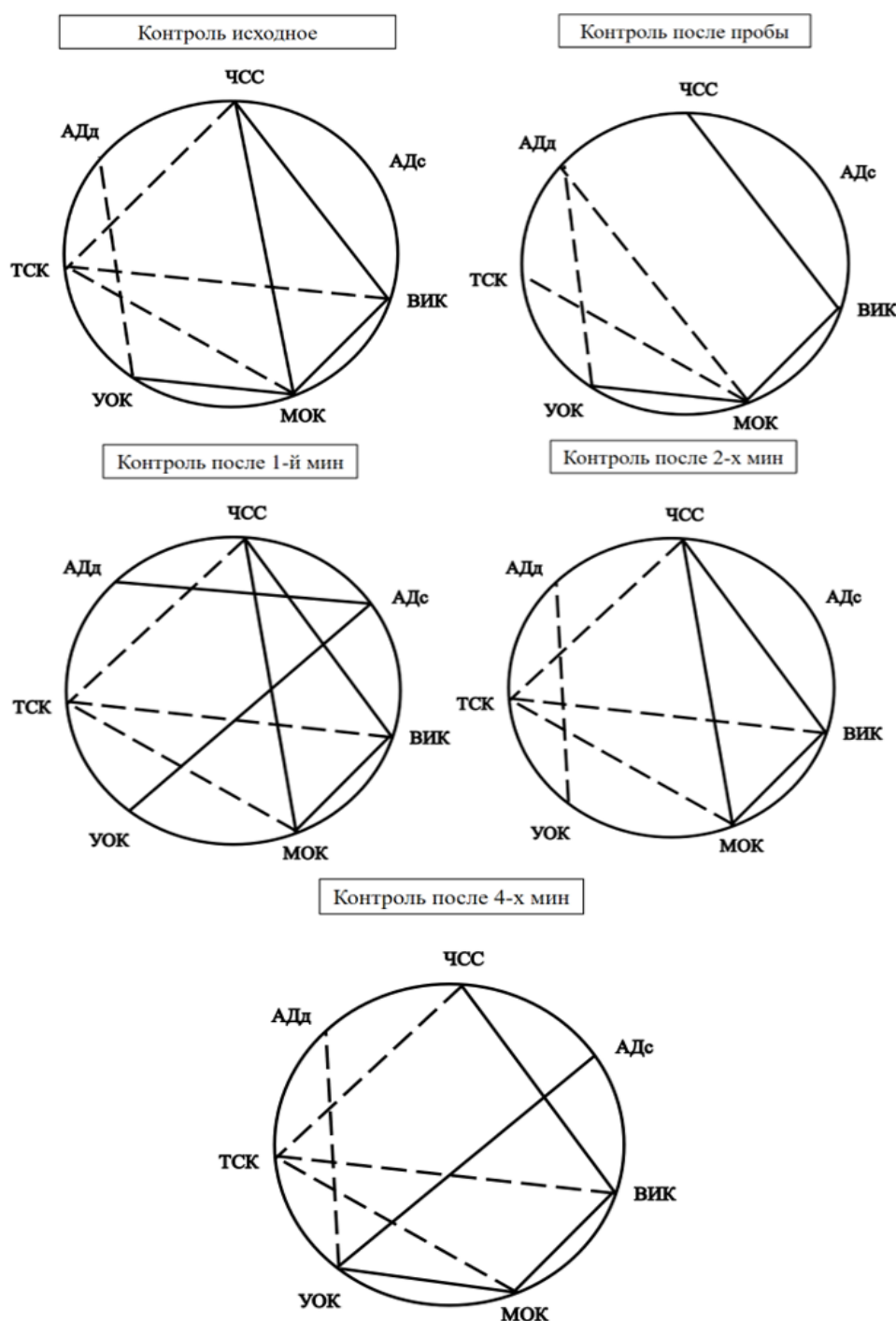


Рисунок 6 – Корреляционные связи показателей центральной гемодинамики у контрольной группы

Процесс восстановления группы лиц, не занимающихся спортом, после 20 приседаний характеризуется обратным установлением тех взаимосвязей, которые были утрачены в период непосредственно после нагрузки. После 4-х минут отдыха у данной группы испытуемых отмечается то же количество достоверных средне-сильных корреляций, что было и до нагрузки, с отличием одной положительной взаимосвязи: уровня ударного объема крови и систолического АД (0,57; $p < 0,05$).

В целом студенты контрольной группы характеризуются меньшим количеством средне-сильных взаимосвязей показателей центральной гемодинамики, чем группа спортсменов. Однако направленность изменения взаимосвязей в процессе выполнения нагрузки у обеих групп одинакова, что свидетельствует о наличии у них схожих адаптационных механизмов.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно заключить, что обе группы испытуемых имели нормотонический тип реакции на нагрузку. Изменения показателей частоты сердечных сокращений и артериального давления находились в пределах нормы (в процентном соотношении от исходных). Однако группа спортсменов демонстрирует более адекватный с точки зрения экономизации способ адаптации организма к предлагаемой физической нагрузке. Механизм регуляции кровообращения после нагрузки у спортсменов осуществляется в большей степени за счет увеличения систолического артериального давления и ударного объема крови, а у лиц контрольной группы – за счет повышенного показателя частоты сердечных сокращений [78–80].

Реакция на выполнение пробы с дозированной физической нагрузкой у обеих групп испытуемых характеризуется усилением влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы. Однако показатели после восстановления и исходный уровень спортсменов на стороне выраженного парасимпатического влияния, а у лиц, не занимающихся спортом, напротив, на стороне симпатического.

Данные о типах саморегуляции кровообращения указывают на то, что в ответ на дозированную физическую нагрузку в обеих группах происходит возрастание значимости прежде всего кардиотропных регулирующих влияний.

У обеих групп отмечается наличие специфических особенностей взаимосвязи показателей центральной гемодинамики как в исходном состоянии, так и в процессе восстановления после нагрузки. Группа спортсменов характеризуется большим количеством средне-сильных взаимосвязей, чем группа студентов, не занимающихся спортом, что указывает на высокий уровень синхронизации функционирования различных компонентов кровообращения для данной группы. Однако направленность изменения взаимосвязей в процессе выполнения нагрузки у обеих групп схожая. В ответ на выполнение физической нагрузки у обеих групп отмечено уменьшение количества взаимосвязей, что, возможно, связано с индивидуальными особенностями испытуемых и спецификой его адаптационных процессов,

осуществляющихся с большим участием того или иного компонента кровообращения. В процессе восстановления наблюдались различные перестройки взаимосвязей показателей центральной гемодинамики, но после 4-х минут восстановления обе группы возвращались к исходной структуре взаимосвязей. Причем после 4-х минут восстановления в группе спортсменов отмечено даже большее количество связей, чем было в исходном состоянии, что может отражать так называемое явление «сверхвосстановления».

2.2 Изменение показателей variability ритма сердца после выполнения дозированной физической нагрузки

В настоящее время актуален вопрос внедрения в практику эффективных и неинвазивных средств комплексной диагностики функционального состояния организма. Проведение тренировочных занятий без объективной информации о текущем функциональном состоянии спортсмена, единый тренировочный план для всех занимающихся, который не учитывает индивидуальной готовности к выполнению физической нагрузки, все это может привести к отрицательному спортивному результату. Применение методов исследования variability сердечного ритма связано с именами Р.М. Бавеского [2; 63] и В.В. Парина. Еще с 60-х годов XX века эти методы позволяют получать информацию о текущем функциональном состоянии организма. Однако в исследованиях ФС методом ВСР отчетливо видны несколько трудностей. Анализируя значения показателей ВСР, полученных в состоянии относительного покоя, мы сталкиваемся с невозможностью учесть все те факторы, которые на данный момент могут влиять на ФС человека. Поскольку этих факторов большое количество, а ритм сердца очень лабилен, то выходом из этой ситуации может стать использование функциональных проб с физической нагрузкой. Например, широкораспространенная и известная проба с дозированной физической нагрузкой – проба Мартине–Кушелевского. После ее выполнения происходит перестройка всей деятельности организма, проявляющаяся в соответствующих изменениях функционального состояния различных органов и систем [81]. Оценивая, насколько эффективно регуляторные механизмы будут восстанавливать гомеостатическое состояние, мы сможем дать объективную оценку текущему ФС организма.

На данном этапе исследования основной задачей являлось проведение сравнительного анализа функционального состояния организма спортсменов и здоровых добровольцев в покое и после дозированной физической нагрузки по данным variability сердечного ритма.

Исследование осуществлялось на базе лаборатории «Медиа-спорт» ВГУ имени П.М. Машерова. Были проведены анализ и обработка показателей ВСР, полученных с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Регистрировались исходные значения и непосредственно после выполнения

пробы Мартине–Кушелевского. Запись до проведения пробы и после осуществлялась в объеме 300 кардиоинтервалов.

Обследован 81 студент-волонтер Витебского государственного университета имени П.М. Машерова в возрасте от 18 до 21 года. Все испытуемые разделены на две группы: 1) спортсмены – студенты факультета физической культуры и спорта ($n = 52$; 10 – женского пола, 42 – мужского), имеющие спортивные разряды от III до МС, преимущественно циклических видов спорта (легкая атлетика, плавание); 2) контрольная группа – студенты факультета социальной педагогики и психологии ($n = 29$; 6 – женского пола, 23 – мужского), которые не имеют спортивных разрядов и не занимаются спортом, но посещают занятия физической культурой два раза в неделю. Перед выполнением исследования все испытуемые были опрошены по поводу имеющихся патологий, связанных с кардиореспираторной системой, которые могли бы повлиять на результат обследования. К исследованию приступали в изолированном помещении в отсутствие посторонних лиц. С последнего приема пищи испытуемыми проходило более часа.

После опроса участников на предмет наличия патологий и пятиминутной адаптации к условиям комнаты приступали к регистрации исходного состояния. Наложением электродов на запястья левой и правой рук, в положении сидя, осуществлялась регистрация ЭКГ в I отведение (300 кардиоинтервалов), которое соответствует международным стандартам.

Проба Мартине–Кушелевского проводилась следующим образом: испытуемый находился в положении сидя, в котором у него регистрировалось исходное состояние. Затем он выполнял 20 максимально глубоких приседаний за 30 сек под звук метронома. После приседаний испытуемый сразу занимал позу сидя и производилась регистрация ЭКГ.

Для реализации цели настоящего эксперимента были использованы показатели физического состояния организма по ПАК «Омега-М», а также основные методы анализа ВСР. Методы анализа ВСР, применяемые в исследовании: статистический, геометрический, спектральный, вариационной пульсометрии. Данные методы применялись согласно рекомендуемым стандартам Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [65].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург) и Microsoft Excel 2010, Statistica 12. Значения регистрируемых и расчетных показателей представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение. Нормальность распределения проверялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Внутригрупповые различия между результатами до выполнения нагрузки и после определяли при помощи W-критерия Уилкоксона. Для установления уровня достоверности различий между группами использовали U-критерий Манна–Уитни, а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента.

В результате проведенного исследования были получены достоверные различия значений показателей физического состояния у групп испытуемых спортсменов (I группа) и лиц, не занимающихся спортом (II группа). У испытуемых II группы в исходном состоянии достоверно ниже значения следующих показателей (таблица 3): уровня адаптации организма ($p<0,05$), вегетативной регуляции ($p<0,001$), центральной регуляции ($p<0,05$), психоэмоционального состояния ($p<0,05$) и интегрального показателя здоровья ($p<0,001$), в сравнении со спортсменами. После пробы с физической нагрузкой у двух исследуемых групп наблюдается разнонаправленный вектор изменений. Группа спортсменов показывает достоверное увеличение значений всех показателей физического состояния в периоде 300 КИ после пробы с физической нагрузкой. Показатель адаптации организма увеличился на 10% ($p<0,001$), вегетативной регуляции – на 9% ($p<0,001$), центральной регуляции – на 8% ($p<0,001$), психоэмоционального состояния – на 9% ($p<0,001$), интегральный – на 9% ($p<0,001$). У испытуемых II группы мы наблюдаем немного другую направленность изменений показателей физического состояния. Показатели А, С и D характеризуются незначительным снижением значения после выполнения нагрузочной пробы. А два других показателя, напротив, увеличиваются в значениях: вегетативная регуляция – на 9% ($p<0,05$), интегральный показатель – на 2% ($p>0,05$).

Таблица 3 – Показатели физического состояния организма по программно-аппаратному комплексу «Омега-М» в состоянии покоя и после выполнения физической нагрузки ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{откл.}$)

Показатель	Спортсмены		Контроль	
	исходное (1)	после пробы (2)	исходное (3)	после пробы (4)
А – адаптация организма	74,5±18,1 $p3<0,05$	**84,3±17,5 $p4<0,001$	61,3±26,7 $p1<0,05$	61,1±27,1 $p2<0,001$
В – вегетативная регуляция	88,1±12 $p3<0,001$	**97±11,6 $p4<0,001$	63,9±34,1 $p1<0,001$	*73,3±26,1 $p2<0,001$
С – центральная регуляция	68,3±16,6 $p3<0,05$	**76,7±15,7 $p4<0,001$	59,7±25,1 $p1<0,05$	59,5±21 $p2<0,001$
Д – психоэмоц. состояние	69,6±15,8 $p3<0,05$	**78,2±16 $p4<0,001$	60,8±22,7 $p1<0,05$	58,9±22,1 $p2<0,001$
Health – интегральный показатель	75,1±12,7 $p3<0,001$	**84±14,1 $p4<0,001$	61,4±26,4 $p1<0,001$	63,2±22,7 $p2<0,001$

Окончание таблицы 3

В1 – уровень адаптации	88,1±12 p3<0,001	**97±11,6 p4<0,001	63,9±34,1 p1<0,001	*73,3±26,1 p2<0,001
В2 – резервы адаптации	71±16,6	**94,2±13,5 p4<0,05	70,3±26	**86,5±17,7 p2<0,05
С1 – уровень компенсации	68,3±16,6 p3<0,05	**76,7±15,7 p4<0,001	59,7±25,1 p1<0,05	59,5±21 p2<0,001
С2 – резервы компенсации	72,4±16 p3<0,05	**80±15,8 p4<0,001	63,3±23 p1<0,05	63,6±23 p2<0,001

Примечание: p1–4 – достоверность различий между группами испытуемых; достоверность различий между исходным состоянием и после пробы: * – p<0,5, ** – p<0,001.

Показатель В1, отражающий уровень адаптации организма в исходном состоянии, достоверно различался между группами: I группа – 88%, II группа – 64% (p<0,001). Показатель резервов адаптации организма (В2) в исходном состоянии был немного более высоким в I группе (спортсмены) – 71%, контроль – 70%. Такой уровень данных показателей в обеих группах является свидетельством адекватности адаптационных процессов в организме. После выполнения нагрузочной пробы у обеих групп данные показатели увеличились в значениях. I группа продемонстрировала увеличение значений на 9% (p<0,001) и 23% (p<0,001), а у группы II – на 9% (p<0,05) и 16% (p<0,001) соответственно. В достигнутом после пробы уровне показатели В1 и В2 достоверно различаются между двумя группами.

Показатели С1 – уровень компенсации и С2 – резервы компенсации выступают индикаторами уровня энергетического обеспечения организма. Главным является показатель С1, он отвечает за поддержание текущего уровня тренированности спортсмена. Показатель С1 и предыдущий показатель В2 тесно связаны, снижение С1 ведет к падению В2 и, соответственно, снижению спортивной формы. Показатель С2 отображает цену регуляции или метаболический баланс биохимических процессов, ее обеспечивающих [82].

В исходном состоянии данные показатели достоверно различались в двух группах испытуемых. Уровень компенсации в группе спортсменов составлял 68%, а в группе не занимающихся спортом – 60% (p<0,05). Резервы компенсации различались практически в том же диапазоне, что и уровень: спортсмены – 74%, лица, не занимающиеся спортом, – 63% (p<0,05). Выполнение дозированной физической нагрузки приводили к достоверным изменениям значений данных показателей только в группе спортсменов. Показатель С1 у спортсменов после пробы с высокой степенью достоверности различий увеличился с 68 до 77% (p<0,001). Показатель С2 аналогично с высокой степенью достоверности увеличился с 72,2 до 80,3% (p<0,001). Во II группе значения показателей С1 и С2 до пробы и после практически не отличаются.

В целом достаточно высокие значения показателей C1 и C2, но все-таки достоверно более высокие в I группе, указывают на высокий уровень сопряженности аэробных и анаэробных способов получения энергии.

Анализируя значения показателей физического состояния спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, в исходном состоянии и после выполнения пробы важно отметить, что у II группы значительно выше стандартное отклонение от среднего у всех показателей. Данная особенность указывает на существенные различия в функциональном состоянии лиц II группы. То есть некоторые из них демонстрировали достаточно высокие значения показателей физического состояния, сопоставимые с группой спортсменов, однако большинство из них имели более низкий уровень функционального состояния. Как следствие, по средним значениям спортсмены значительно превосходят контрольную группу.

Статистический анализ ВСР является одним из ведущих и наиболее распространенных в использовании методов анализа сердечного ритма. Рассматривая исходные значения показателей статистического анализа, отмечаем наличие достоверных различий в группах спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, по трем изучаемым показателям (таблица 4). Показатель SDNN, отражающий суммарный эффект вегетативной регуляции на ритм сердца в исходном состоянии у спортсменов, составлял 67 мс, а у II группы был равен 56 мс ($p < 0,05$). Значения показателя pNN50 также различались у двух групп: спортсмены – 31%, контроль – 17% ($p < 0,05$), что означает наличие у спортсменов большего количества пар кардиоинтервалов, которые превосходят друг друга на 50 мс и указывает на большую активность парасимпатического отдела ВНС. Об этом же свидетельствуют значения показателя RMSSD в исходном состоянии: спортсмены – 55 мс, лица, не занимающиеся спортом, – 41 мс ($p < 0,05$).

Таблица 4 – Данные по показателям статистического анализа вариабельности сердечного ритма в исходном состоянии и после дозированной физической нагрузки ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{откл.}$)

Показатель	Спортсмены		Контроль	
	исходное (1)	после пробы (2)	исходное (3)	после пробы (4)
SDNN – станд. отклонение N-N-интервалов от среднего значения	67±23,4 p3<0,05	**103±29 p4<0,001	56±28 p1<0,05	**68±33 p2<0,001
pNN50 – колич. интервалов, отличающихся более чем на 50 мс	31,1±20,0 p3<0,05	**42,7±18,9 p4<0,001	17,4±17,7 p1<0,05	*21,4±20,8 p2<0,001
RMSSD	55,3±29,2 p3<0,05	**74,2±28,8 p4<0,001	40,7±25,4 p1<0,05	*46,4±31,3 p2<0,001

Примечание: p1–4 – достоверность различий между группами испытуемых; достоверность различий между исходным состоянием и после пробы: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,001$.

Выполнение дозированной физической нагрузки вызывало достоверные изменения значений рассматриваемых показателей. Так, в группе спортсменов значения показателей SDNN, pNN50, RMSSD после пробы достоверно увеличились на 36 мс ($p<0,001$), 12% ($p<0,001$), 19 мс ($p<0,001$) соответственно. У II группы наблюдается схожая направленность тенденции изменения данных показателей, однако в меньшей степени. Так, значения SDNN во II группе увеличились на 12 мс ($p<0,001$), RMSSD – на 6 мс ($p<0,05$), а pNN50 – на 4% ($p<0,05$).

В итоге все вышеописанные показатели (pNN50, SDNN, RMSSD) увеличиваются в значениях по причине усиления активности автономного контура и парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечным ритмом. Уровень частоты пульса имеет обратную динамику и растет в значениях, если усиливается централизация управления сердечным ритмом. Такое явление объясняется напряжением регуляторных систем в связи с высокой активностью симпатического отдела. Поскольку с усилением в регуляции высших уровней происходит подавление активности автономного контура [6; 66; 83]. Для спорта активация симпатического звена имеет принципиально важное значение, поскольку показано в [84], что наивысшие спортивные результаты демонстрируются при высокой активности этого отдела (пик спортивной формы).

Анализ исходных значений показателей вариационной пульсометрии позволил выявить нам некоторые особенности (таблица 5). У группы спортсменов индекс вегетативного равновесия в покое составлял 92 у.е., ПАПР – 31 у.е., индекс напряжения регуляторных механизмов – 55 у.е. Группа лиц, не занимающихся спортом, характеризуется достоверно более высокими значениями вышеперечисленных показателей на 102% ($p<0,001$), 83% ($p<0,001$), 181% ($p<0,001$) соответственно.

Таблица 5 – Показатели вариационной пульсометрии в исходном состоянии и после выполнения дозированной физической нагрузки ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{ср.}$ откл.)

Показатель	Спортсмены		Контроль	
	исходное (1)	после пробы (2)	исходное (3)	после пробы (4)
ИВР – индекс вегетативного равновесия	92,2±38,9 p3<0,001	**54±56,5 p4<0,001	186,7±155,6 p1<0,001	**120,1±98,3 p2<0,001
ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции	31±10 p3<0,001	**24±13 p4<0,001	56±31 p1<0,001	*48±22 p2<0,001
ИН – индекс напряжения	55±28 p3<0,001	**32±34 p4<0,001	156±146 p1<0,001	**105±95 p2<0,001

Примечание: p1–4 – достоверность различий между группами испытуемых; достоверность различий между исходным состоянием и после пробы: * – $p<0,5$, ** – $p<0,001$.

Реакция значений вышеперечисленных показателей в ответ на пробу с физической нагрузкой более выражена у группы спортсменов. Так, у I группы показатель ИВР после пробы уменьшился на 41% ($p<0,001$), в отличие от 36% ($p<0,001$) у II группы. Показатель адекватности процессов регуляции характеризуется той же тенденцией к снижению: I группа – на 23% ($p<0,001$), II группа – на 14% ($p<0,05$). Также значения ИН регуляторных систем уменьшились на 43% ($p<0,001$) и 32% ($p<0,001$), соответственно, I и II группы.

По мнению Н.И. Шлык [83], крайне трудно установить оптимальный тип вегетативной регуляции без динамического его исследования. К примеру, если у спортсмена высокой квалификации выявлено выраженное преобладание парасимпатического отдела ВНС, то оно может интерпретироваться как нормальное состояние, связанное с адаптационными перестройками из-за регулярных тренировок. И, напротив, такая особенность у лиц, не занимающихся спортом, может быть признаком вегетативной дисфункции и регуляторных нарушений. Следовательно, чтобы избежать неправильной интерпретации метода анализа ВСР, для получения достоверной и объективной информации о качестве функционирования организма, необходим динамический контроль ритма сердца [2].

Геометрические методы анализа ВСР заключаются в преобразовании последовательности RR-интервалов в определенную структуру, которая носит название гистограмма [2].

Таблица 6 – Данные геометрического анализа в исходном состоянии и после выполнения дозированной физической нагрузки

Показатель	Значение			
	спортсмены		контроль	
	исходное (1)	после пробы (2)	исходное (3)	после пробы (4)
АМо – амплитуда моды	26±6 $p3<0,001$	**21±10 $p4<0,001$	35±15 $p1<0,001$	**28±11 $p2<0,001$
Мо – мода	878±134 $p3<0,001$	891±136 $p4<0,001$	675±122 $p1<0,001$	**625±120 $p2<0,001$
dX – вариационный размах	315±93 $p3<0,05$	**453±105 $p4<0,001$	264±115 $p1<0,05$	**313±134 $p2<0,001$
HRV index	15±4 $p3<0,05$	**18±5 $p4<0,001$	12±6 $p1<0,05$	*14±6 $p2<0,001$

Примечание: $p1-4$ – достоверность различий между группами испытуемых; достоверность различий между исходным состоянием и после пробы: * – $p<0,5$, ** – $p<0,001$.

Один из основных показателей гистограммы – Мо (мода), она указывает на ведущий уровень функционирования синусового узла [6]. У обследованных нами групп испытуемых значения Мо достоверно различались (таблица 6). У спортсменов значения моды в покое составляли 878 мс, а у контрольной группы – 675 мс. После пробы Мартине–Кушелевского испытуемые I группы демонстрировали увеличение значений моды на 2%, а во II группе, напротив, снижение на 8%.

Показатель амплитуды моды (АМо) также достоверно различался у двух исследуемых групп как в исходном состоянии, так и после выполнения нагрузки. В исходном состоянии амплитуда моды у группы спортсменов составляла 26%, а у контрольной группы – 35% ($p < 0,001$). Выполнение пробы с физической нагрузкой вызвало достоверное уменьшение значений АМо у обеих групп: I группа – 21%, II группа – 28% ($p < 0,001$). Данные различия указывают на меньшую централизацию и активность симпатического отдела ВНС в управлении сердечным ритмом у группы спортсменов, по сравнению с контрольной группой студентов. Полученные данные по уровню АМо у обследованных нами спортсменов находятся на более низком уровне, чем по данным Ю.Э. Питкевич, – 27% [82].

Вариационный размах у группы спортсменов и контроля достоверно различался как в исходном состоянии, так и после пробы Мартине–Кушелевского. Так, до выполнения пробы значения dX в I группе составляли 315 мс, а во II группе – 264 мс ($p < 0,05$). После нагрузочной пробы вариационный размах увеличился в обеих исследуемых группах, однако в группе спортсменов это увеличение было значительно большим: спортсмены – 453 мс, лица, не занимающиеся спортом, – 313 мс ($p < 0,001$). Такая разница в значениях вариационного размаха у двух групп свидетельствует о более выраженном влиянии парасимпатического отдела ВНС на управление сердечным ритмом у группы спортсменов, в сравнении с группой не занимающихся спортом.

Волновой анализ сердечного ритма позволяет установить конкретные механизмы и отделы, которые вносят преимущественный вклад в текущую вегетативную регуляцию (таблица 7). Состояние покоя у испытуемых группы, не занимающихся спортом характеризуется преобладанием низкочастотных компонентов: HF – 638 мс², LF – 1572 мс², VLF – 1270 мс² и, соответственно, высоким значением LF/HF – 3,7. Группа спортсменов, напротив, показывает соотношение, близкое к вегетативному балансу: HF – 1379 мс² ($p < 0,05$), LF – 1618 мс², VLF – 1666 мс², LF/HF – 2,3 ($p < 0,05$). Данные спектрального анализа в исходном состоянии по большей части соответствуют той «картине», которая сложилась после анализа предыдущих показателей ВСР. Однако обращает на себя внимание высокая степень влияния низкочастотных компонентов у испытуемых, занимающихся спортом. По нашему мнению, это объясняется исключительной важностью для спорта высших достижений, активации симпатического звена ВНС. Поскольку доказано, что наивысшие спортивные достижения могут быть показаны только при высокой активности этого отдела (пик спортивной формы).

Таблица 7 – Данные спектрального анализа в исходном состоянии и после пробы (Хср.±Ст. откл.)

Показатель	Значение			
	спортсмены		контроль	
	исходное (1)	после пробы (2)	исходное (3)	после пробы (4)
HF – высокие частоты	1379±1704 p3<0,05	**2229±1655 p4<0,05	638±691 p1<0,05	*1075±1380 p2<0,05
LF – низкие частоты	1618±1512	*1946±1326 p4<0,05	1572±1987	*1297±1800 p2<0,05
VLF – очень низкие частоты	1666±1326	**5638±3214 p4<0,05	1270±1298	**2638±2805 p2<0,05
LF/HF – симпато-вагальный индекс	2,3±2,0 p3<0,05	**1,4±1,5 p4<0,05	3,7±2,3 p1<0,05	**2,2±1,7 p2<0,05
Total – полный спектр частот	4663±3822	**9812±5155 p4<0,05	3480±3611	*5011±5658 p2<0,05

Примечание: p1–4 – достоверность различий между группами испытуемых; достоверность различий между исходным состоянием и после пробы: * – p<0,5, ** – p<0,001.

В целом соотношение волн различных частот в исходном состоянии у спортсменов выглядит более оптимальным, поскольку наблюдаемое соотношение высокочастотных и низкочастотных компонентов у них близкое к балансу (рисунок 7).

Очень важно при анализе процентного соотношения волновой структуры учитывать общий спектр мощности волн – Total [83]. Потому что большое значение имеет уровень, на котором строится это соотношение. В исходном состоянии у контрольной группы значения полного спектра мощности частот были ниже – 3480 мс², спортсмены – 4663 мс². А вместе с тем специалистами в области исследования ритма сердца отмечается [6; 83], что рост значений Total свидетельствует об увеличении автоматизации в управлении сердечным ритмом.

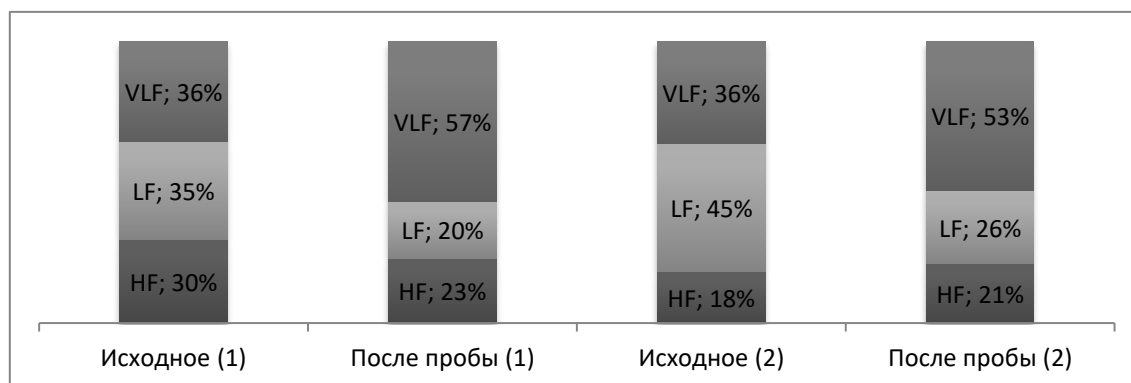


Рисунок 7 – Соотношение исходных показателей волновой структуры и после дозированной физической нагрузки (1 – спортсмены, 2 – контроль)

В ответ на выполнение пробы с физической нагрузкой происходят изменения как в абсолютных значениях волн различной частоты, так и в их процентном соотношении. Прежде чем описывать данные изменения, необходимо отметить, что значения показателя Total после выполнения функциональной пробы характеризуются процентным увеличением у обеих групп: у здоровых добровольцев достоверное увеличение на 44%, а у спортсменов на 110% от исходных. Однако делать выводы по исходному значению или реакции общего спектра мощности не стоит, это тот показатель, данные которого необходимо учитывать при комплексном спектральном анализе ритма сердца. В группе спортсменов после пробы наблюдается значительный прирост вклада волн высокой частоты (исходное – 1379, после пробы – 2229; $p < 0,001$) и меньший прирост абсолютных значений LF (исходное – 1618 мс², после пробы – 1946 мс²; $p < 0,05$). Однако наибольшее увеличение, за счет которого обеспечивается нарастание общего спектра мощности частот, наблюдается в значениях VLF (исходное – 1666 мс², после пробы – 5638 мс²; $p < 0,001$).

В контрольной группе студентов отмечается схожая со спортсменами тенденция к изменению соотношения волн различной частоты: увеличение вклада очень низкочастотных волн VLF (исходное – 36%, после пробы – 53%), а также значительное снижение вклада низкочастотных волн (исходное – 45%, после пробы – 26%).

Таким образом, анализ волновой структуры сердечного ритма позволяет заключить: испытуемые обеих групп характеризуются преобладанием в спектре низкочастотных компонентов, что свидетельствует о преобладающем влиянии симпатического звена ВНС в функционировании. После пробы Мартине–Кушелевского наблюдается значительное увеличение значения VLF в обеих группах. Данная тенденция в группе спортсменов и контрольной группе указывает на усиление активности симпатического звена ВНС, преимущественно его надсегментарных отделов [66] и, напротив, на снижение влияния вазомоторного центра в регуляции сердечным ритмом. Также такой тип реакции, возможно, связан с усилением гуморально-метаболических процессов, которые необходимы как для выполнения пробы с физической нагрузкой, так и для обеспечения восстановления после нее.

В итоге, большинство рассматриваемых показателей ВСР характеризуется увеличением своих значений после пробы по причине, связанной с усилением активности автономного контура и парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечным ритмом и, напротив, снижением значений, если их уменьшение сопровождается повышением парасимпатки. Данная тенденция на первый взгляд кажется нелогичной, поскольку общеизвестно, что физическая нагрузка вызывает усиление активности стресс-реализующей симпатической системы, а в нашем случае после выполнения 20 приседаний отмечается усиление активности парасимпатического звена ВНС в управлении сердечным ритмом. Эта направленность изменений, по нашему мнению, объясняется следующим образом: при индивидуальном рассмотрении ритмограмм в процессе

восстановления после пробы отмечается наличие «кривой восстановления». То есть непосредственно после выполнения пробы наблюдаются низкий уровень вариабельности сердечного ритма и высокая ЧСС, однако дальнейшая динамика большинства участвующих в исследовании студентов характеризуется повышением ВСР и снижением частоты сердечных сокращений. А поскольку данные после пробы берутся средние за 300 кардиоинтервалов, то это обуславливает более высокие значения расчетных показателей ВСР. Стоит отметить, что чем более высокая скорость восстановления после пробы, тем больший прирост показателей ВСР, относительно исходного, наблюдался. Следовательно, чем большие значения после выполнения пробы мы отмечаем у испытуемого, тем более высокой скоростью восстановления после физической нагрузки он характеризуется, что можно рассматривать как высокий уровень функциональных возможностей данного человека.

В настоящей работе выявлены достоверные различия показателей ВСР, в исходном состоянии и после пробы, а также между группами испытуемых с различным уровнем физической активности и, соответственно, физической подготовленности, что указывает на возможность использования подобного подхода к оценке ФС организма. Правомерность данного заключения подтверждается следующими различиями групп испытуемых:

- реакция на пробу с физической нагрузкой у обеих групп испытуемых характеризуется усилением влияния парасимпатического отдела ВНС. Однако показатели после пробы и исходный уровень у спортсменов на стороне выраженного парасимпатического влияния, а у лиц, не занимающихся спортом, напротив, на стороне симпатического;

- изменения показателей физического состояния, в ответ на пробу, у спортсменов выражаются в увеличении их значений. У II группы, напротив, наблюдается снижение значений некоторых показателей, характеризующих физическое состояние их организма;

- у испытуемых II группы отмечается преобладание в спектре низкочастотных компонентов (LF), что подтверждает значительный вклад симпатического звена ВНС в их функционирование. Испытуемые, относящиеся к группе спортсменов, демонстрируют значения, приближенные к вегетативному балансу. Поэтому с позиции уровня экономизации как в покое, так и после нагрузочной пробы, а также эффективности мобилизации ресурсов, необходимых для адаптации к предъявляемой нагрузкой требованиям, спортсмены имеют более рациональные (адекватные) значения показателей [85; 86].

2.3 Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении дозированной физической нагрузки у лиц с различным исходным вегетативным статусом

Применение метода исследования вариабельности сердечного ритма позволяет объективизировать информацию о текущем функциональном состоянии организма в реальном времени. Технологии исследования ВСР сегодня заметно базируются на результатах работ Р.М. Баевского [87], Н.И. Шлык [9] и предложенных ими типах регуляции сердечного ритма. Стало возможным осуществить исследования с применением функциональных нагрузочных проб. Согласно данным исследователей [60], пробу Мартине–Кушелевского целесообразно использовать как одно из высокоинформативных средств комплексной диагностики функционального состояния организма. Однако информация о реакции организма на выполнение нагрузочной пробы Мартине–Кушелевского по данным ВСР у лиц с различным исходным вегетативным статусом в проанализированной литературе практически отсутствует.

Цель исследования – выявление особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении пробы Мартине–Кушелевского, отсутствует у лиц с различным исходным вегетативным статусом.

В настоящем исследовании был проведен анализ и обработка показателей ВСР, полученных при помощи ПАК «Омега-М». Регистрировались исходные значения и непосредственно после выполнения пробы Мартине–Кушелевского. Обследовано 73 студента-волонтера мужского пола Витебского государственного университета имени П.М. Машерова в возрасте от 18 до 21 года. Перед выполнением исследования все испытуемые были опрошены на предмет наличия патологий, связанных с кардиореспираторной системой, которые могли бы повлиять на результаты исследования. На момент обследования у испытуемых отсутствовали какие-либо заболевания в острой форме или хронические, с риском обострения. К исследованию приступали в изолированном помещении в отсутствие посторонних лиц. Обследования проводились в сентябре – октябре, каждый понедельник и вторник, в период времени с 13.00 до 14.00, после учебных занятий. Данный период года был выбран в связи с отсутствием стрессового напряжения из-за сессии у студентов. С последнего приема пищи испытуемыми проходило более часа.

После опроса испытуемого на предмет наличия патологий и пятиминутной адаптации к условиям комнаты приступали к регистрации исходного состояния при помощи ПАК. Наложением электродов на запястья левой и правой рук, в положении сидя, осуществлялась пятиминутная регистрация ЭКГ в I отведение, которое соответствует международным стандартам. После записи исходного состояния и анализа полученных результатов все испытуемые были разделены на 3 группы: ваготония – 26% ($ИН \leq 50$ усл. ед.), нормотония – 50% ($50 \leq ИН \leq 200$ усл. ед.), симпатикотония – 24% ($ИН \geq 200$ усл. ед.) [88].

Проба Мартине–Кушелевского проводилась следующим образом: испытуемый находился в положении сидя, в котором у него регистрировалось исходное состояние. Затем испытуемый выполнял 20 максимально глубоких приседаний за 30 сек под звук метронома. После выполнения приседаний испытуемый сразу принимал положение сидя и производилась регистрация ЭКГ.

Для реализации цели настоящего эксперимента были использованы показатели физического состояния организма по ПАК «Омега-М», а также основные методы анализа ВСР. Из показателей ПАК применялись: А – уровень адаптации организма, В – показатель вегетативной регуляции, С – показатель центральной регуляции, D – показатель психоэмоционального состояния, Н – интегральный показатель состояния организма (показатель спортивной формы). Используются также показатели: В1 – уровень регуляции и В2 – резервы регуляции. Методы анализа ВСР, применяемые в исследовании: статистический, геометрический, спектральный, вариационной пульсометрии. Данные методы используются согласно рекомендуемым стандартам Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [65]. Показатели статистического анализа ВСР: ЧСС, SDNN, pNN50, RMSSD. Показатели геометрического анализа: Mo, AMo, HRV index, Dx. Показатели спектрального анализа: TP, HF, LF, VLF, LF/HF. Показатели вариационной пульсометрии: IBP, ПАПР, SI, ВПР.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург) и Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения устанавливалась при помощи критерия Шапиро–Уилка. Внутригрупповые различия между результатами до выполнения нагрузки и после оценивались при помощи W-критерия Уилкоксона. Для определения уровня достоверности различий между выделенными группами использовали U-критерий Манна–Уитни, а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента.

Значения показателей физического состояния ПАК «Омега-М», характеризующих функциональное состояние испытуемых, представлены в таблице 8. Отчетливо видны различия фоновых значений данных показателей у испытуемых с различным исходным вегетативным статусом. Так, у представителей группы нормотоников наблюдаются средние значения показателей физического состояния: уровень адаптации организма (64,9%), вегетативной регуляции (82,4%), центральной регуляции (60,8%), психоэмоционального состояния (61%), интегральный показатель физического состояния (67,3%).

Таблица 8 – Показатели физического состояния организма по ПАК «Омега-М» в исходном состоянии и после пробы с физической нагрузкой у лиц с различным исходным вегетативным статусом ($\bar{X} \pm S_{\text{откл.}}$)

Показатель	Группы испытуемых					
	I (n=27)		II (n=33)		III (n=13)	
	исходное	после пробы	исходное	после пробы	исходное	после пробы
A – уровень адаптации организма	89,4±9,9 pII<0,05	*93,2±10,1 pII<0,05	64,9±14,8 pIII<0,05	**73,7±17,9 pIII<0,05	40,9±18,9 pI<0,05	46,4±27,7 pI<0,05
B – показатель вегетативной регуляции	98,3±2	97,8±5,9	82,4±9,4 pIII<0,05	**94±14,9 pIII<0,05	32,7±18,9 pI<0,05	**55,3±24,3 pI<0,05
C – показатель центральной регуляции	82,2±12,4 pII<0,05	83,8±12,3 pII<0,05	60,8±14 pIII<0,05	*67,6±15 pIII<0,05	43±21,1 pI<0,05	*51,4±23 pI<0,05
D – показатель психоэмоц. состояния	83,8±12,1 pII<0,05	84,9±12,4 pII<0,05	61±11,3 pIII<0,05	*68,4±16,3 pIII<0,05	45,1±16,7 pI<0,05	49,7±22,7 pI<0,05
Health – интегральный показатель состояния организма	88,4±8,4 pII<0,05	89,9±9,3 pII<0,05	67,3±9,6 pIII<0,05	**75,9±14,7 pIII<0,05	40,4±18,3 pI<0,05	*50,7±23,7 pI<0,05
B1 – уровень регуляции	98,3±2 pII<0,05	97,8±5,9	82,4±9,4 pIII<0,05	**94±14,9 pIII<0,05	32,7±18,9 pI<0,05	**55,3±24,3 pI<0,05
B2 – резервы регуляции	86,9±14,8 pII<0,05	*95,4±11,1	65,8±14,6 pIII<0,05	**92,7±15,1 pIII<0,05	51,3±21,3 pI<0,05	**79,6±19,5 pI<0,05

Примечание: p I–III – достоверность различий при сравнении значений в группах испытуемых; * – p<0,05, ** – p<0,001 – достоверность различий между исходным значением показателя и после пробы.

I группа – ваготония;
II группа – нормотония;
III группа – симпатикотония.

Наименьшими значениями показателей физического состояния характеризуется группа с симпатикотонией в регуляции. Значения показателя уровня адаптации организма находились у них на уровне 40,9% в покое и были достоверно более низкими, чем у II группы ($p<0,05$) и I группы ($p<0,05$). Показатель вегетативной регуляции (В) у группы с симпатикотонией находился на очень низком уровне и отличался достоверно от групп с нормотонией ($p<0,05$) и ваготонией ($p<0,05$). Уровни показателей центральной регуляции и психоэмоционального состояния также были наименьшими в группе с преобладанием симпатического отдела ВНС: С – 43%, D – 45,1. Интегральный показатель состояния организма у III группы составлял 40,4%, и его значения были достоверно более низкие, в сравнении со студентами, отнесенными к группе с нормотонией ($p<0,05$) и ваготонией в регуляции вегетативными функциями ($p<0,05$).

Наибольшими значениями вышеперечисленных показателей в состоянии покоя обладают испытуемые I группы с преобладанием активности парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечным ритмом. В среднем по группе студентов с ваготонией получены следующие значения: А – 89%, В – 98%, С – 82,2%, D – 83,8%, Health – 88,4%, которые почти все оказались достоверно на более высоком уровне, чем у II и III групп.

Показатели В1 и В2 указывают, соответственно, на текущий уровень напряжения систем регуляции и резервы этих систем, их интерпретируют как показатели тренированности [82; 89]. Самыми низкими значениями обоих этих показателей обладают испытуемые группы с симпатикотонией: В1 – 32,7%, В2 – 51,3%. Наибольшим уровнем и резервами регуляции обладали студенты, отнесенные к группе с преобладанием парасимпатического звена ВНС: В1 – 98,3%, В2 – 86,9%, что указывает на значительно больший уровень их тренированности, чем в группе с нормотоническим и симпатотоническим вегетативным статусом.

После выполнения дозированной физической нагрузки наблюдается повышение значений практически всех показателей физического состояния у групп с различным исходным вегетативным статусом (рисунок 8). Так, у группы с симпатикотонией, которая характеризуется исходно наиболее низкими значениями показателей физического состояния, наблюдается их достоверное увеличение после пробы: уровень адаптации организма – 46,4% (на 5,5%), показатель вегетативной регуляции – 55,3% (на 22,6%; $p<0,001$), показатель центральной регуляции – 51,4% (на 8,4%; $p<0,05$), показатель психоэмоционального состояния – 49,7% (на 4,6%), интегральный показатель состояния организма – 50,7% (на 10,3%; $p<0,05$). У группы студентов с нормотоническим вегетативным статусом наблюдается схожая тенденция изменения показателей физического состояния после нагрузочной пробы: уровень адаптации организма – 73,7% (на 8,8%; $p<0,001$), показатель вегетативной регуляции – 94% (на 11,6%; $p<0,001$), показатель центральной регуляции – 67,6% (на 6,8%; $p<0,05$), показатель психоэмоционального

состояния – 68,4% (на 7,4%; $p<0,05$), интегральный показатель состояния организма – 75,9 (на 8,6%; $p<0,001$). Представители группы с ваготонией в регуляции после выполнения пробы Мартине–Кушелевского демонстрируют практически те же значения показателей физического состояния, что и в исходном состоянии: уровень адаптации организма – 93,2% (увеличение на 3,8%; $p<0,05$), показатель вегетативной регуляции – 97,8% (снижение на 0,5%), показатель центральной регуляции – 83,8% (увеличение на 1,6%), показатель психоэмоционального состояния – 84,9% (увеличение на 1,1%), интегральный показатель состояния организма – 89,9 (увеличение на 1,5%) (рисунок 8).

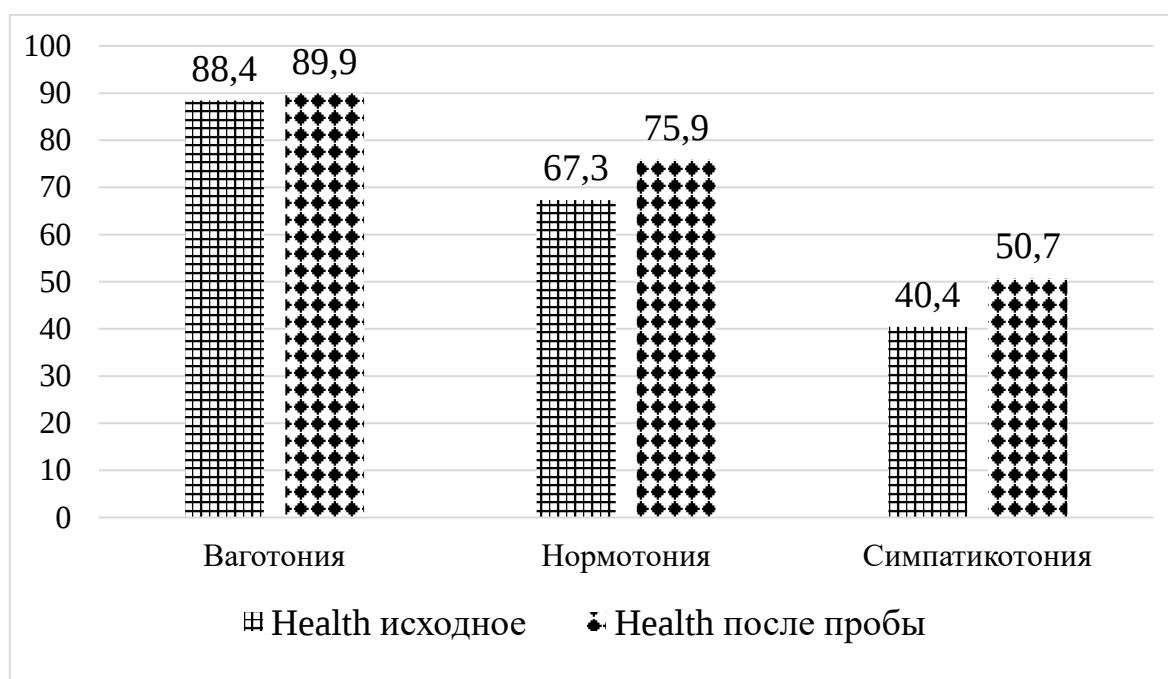


Рисунок 8 – Интегральный показатель состояния организма в исходном состоянии и после выполнения пробы у групп с различным исходным вегетативным статусом

Направленность изменения значений В1 и В2 после пробы у всех групп испытуемых схожая, за исключением группы с ваготонией, однако в разных областях значений. Группа с симпатикотоническим типом регуляции характеризуется следующей направленностью изменений после пробы: В1 – 55,3% (повышение на 22,6%; $p<0,001$), В2 – 79,4% (повышение на 28,3%; $p<0,001$). У студентов, отнесенных к группе с нормотоническим типом вегетативной регуляции сердечного ритма, схожая направленность изменения данных показателей, но немного в меньшей степени, чем у группы с симпатикотонией: В1 – 94% (повышение на 21,6%; $p<0,001$), В2 – 92,7% (повышение на 26,9%; $p<0,001$). У представителей группы с преобладанием в регуляции ваготонии отмечается наименьшая изменчивость значений показателей В1, В2 после пробы: В1 – 97,8% (снижение на 0,5%), В2 – 95,4% (повышение на 8,5%; $p<0,05$).

Таким образом, лица I группы, обладая исходно более высокими значениями В1 и В2, показывают оптимальные значения и после пробы, но показатель текущего уровня напряжения систем регуляции после пробы несколько снижается.

Анализируя направленность изменений показателей физического состояния после выполнения пробы, отмечаем, что испытуемые I группы с преобладающей активностью парасимпатического отдела ВНС в регуляции сердечным ритмом обладают наименьшим процентным приростом от исходного уровня. На это указывают близкие средние значения по группе ваготоников в исходном состоянии и после пробы, стандартное отклонение, а также отсутствие достоверных различий по большинству рассматриваемых показателей. Группа с нормотоническим типом регуляции характеризуется большим приростом показателей физического состояния после физической нагрузки, что выражается в наличии достоверных различий по большинству рассмотренных выше показателей. Студенты, отнесенные к группе с симпатикотонией, показали наибольший процентный прирост (от исходных). Однако стоит отметить, что как в исходном состоянии, так и после пробы Мартине–Кушелевского у группы с ваготонией отмечаются достоверно более высокие значения показателей физического состояния, что свидетельствует о больших адаптационных возможностях данной группы (для выполнения физической нагрузки), в сравнении с двумя другими группами.

В таблице 9 представлены данные временного и геометрического анализа ВСР. Показатель частоты сердечных сокращений, обладая наибольшей стабильностью среди всех показателей временной области, отражает общую нагрузку на аппарат кровообращения и является результатом всех регуляторных влияний на сердечно-сосудистую систему [66, с. 31]. У испытуемых III группы, с симпатикотонией, наблюдается минимальная тахикардия как в состоянии покоя, так и в течение 5 минут после нагрузки (покой – 94,8 уд./мин; после пробы – 97 уд./мин). Данный факт указывает на высокий уровень общей нагрузки на сердечно-сосудистую систему и ее неэкономное функционирование у студентов, отнесенных к группе с симпатикотонией. У группы с ваготонией, напротив, на фоне изначально достоверно отличающихся от двух других групп низких значений частоты пульса – 65,2 уд./мин ($p < 0,05$), в течение 5 минут после пробы с физической нагрузкой показатель ЧСС в среднем составлял 66,2 уд./мин ($p < 0,05$). Группа с нормотоническим типом регуляции занимает промежуточное положение по уровню ЧСС между группами с ваготонией и симпатикотонией: исходное – 72,8 уд./мин, после пробы – 76,5 уд./мин.

Таблица 9 – Показатели вариабельности сердечного ритма в исходном состоянии и после выполнения нагрузочной пробы у лиц с различным исходным вегетативным статусом ($\bar{X} \pm S_{\text{откл.}}$)

Показатель	Группы испытуемых					
	(I) n=27		(II) n=33		(III) n=13	
	исходное	после пробы	исходное	после пробы	исходное	после пробы
ЧСС – частота сердечных сокращений	65,2±9 pII<0,05	66,2±11 pII<0,05	72,8±8 pIII<0,05	**76,5±10,8 pIII<0,05	94,8±10,7 pI<0,05	97±15,7 pI<0,05
АМо – амплитуда моды	20,3±4,3 pII<0,05	*17,6±5,2 pII<0,05	29,3±3,6 pIII<0,05	*23,8±10,8 pIII<0,05	47,6±10,5 pI<0,05	**34,6±10,2 pI<0,05
Мо – мода	911±157 pII<0,05	905±177 pII<0,05	805±94 pIII<0,05	795±133 pIII<0,05	584±62 pI<0,05	575±91 pI<0,05
SDNN – станд. отклонение N-N-интервалов от среднего значения	85,5±23 pII<0,05	**112,9±31 pII<0,05	54,4±8,5 pIII<0,05	**86,3±23,3 pIII<0,05	33,6±10,1 pI<0,05	*51,1±22 pI<0,05
pNN50 – колич. интервалов, отличающихся более чем на 50 мс	43,2±15 pII<0,05	**52,7±14,2 pII<0,05	20,5±15,4 pIII<0,05	**30±16,5 pIII<0,05	3,6±4,7 pI<0,05	*10,1±16 pI<0,05
RMSSD	73,5±30 pII<0,05	**89,7±25,9 pII<0,05	39,8±14,1 pIII<0,05	**54,4±20,2 pIII<0,05	23,8±12,1 pI<0,05	33±27,7 pI<0,05
ИВР – индекс вегетативного равновесия	56,9±21 pII<0,05	**40,3±23,5 pII<0,05	114±24,5 pIII<0,05	*71,5±66,2 pIII<0,05	306±138 pI<0,05	**175 pI<0,05
ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции	23±5,6 pII<0,05	*20,5±8,7 pII<0,05	36,9±5,7 pIII<0,05	*30,8±13,9 pIII<0,05	82,9±21,7 pI<0,05	**62,4±21 pI<0,05
ИН – индекс напряжения	32,1±12 pII<0,05	*23,8±17 pII<0,05	71,6±17,2 pIII<0,05	*46,4±41,1 pIII<0,05	268±73,8 pI<0,05	**160±56 pI<0,05

Примечание: p I–III – достоверность различий при сравнении значений в группах испытуемых; * – p<0,05, ** – p<0,001 – достоверность различий между исходным значением показателя и после пробы.

I группа – ваготония;

II группа – нормотония;

III группа – симпатикотония.

Значения стандартного отклонения N-N-интервалов от среднего значения достоверно различались в трех выделенных по вегетативному статусу группах (рисунок 9). Наименьшие значения данного показателя как в исходном состоянии, так и после пробы с физической нагрузкой зафиксированы в группе с преобладанием в регуляции симпатического отдела ВНС: исходное – 33,6 мс ($p<0,05$), после пробы – 51,1 мс ($p<0,05$). Достоверно более высокими значениями SDNN характеризуется группа испытуемых с нормотоническим типом регуляции: исходное – 54,4 мс ($p<0,05$), после пробы – 86,3 мс ($p<0,05$). Наибольшими значениями SDNN обладала группа с ваготонией в регуляции: исходное – 85,5 мс ($p<0,05$), после пробы – 112,9 мс ($p<0,05$). Направленность изменения значений данного показателя после пробы Мартинес–Кушелевского схожая у всех выделенных групп и заключается в повышении SDNN. Это является свидетельством нарастания суммарного эффекта вегетативной регуляции на синусовый узел [66, с. 35] в период 300 кардиоинтервалов после выполненной нагрузки.

Значения показателя RMSSD отражают общую вариабельность: низкие его значения свидетельствуют о преобладании низкочастотных компонентов в регуляции, высокие, напротив, отражают доминирующее влияние парасимпатического звена [66, с. 36]. В исходном состоянии испытуемые с ваготонией (73,5 мс) и нормотонией (39,8 мс) в управлении демонстрируют достоверно более высокие значения RMSSD, чем в группе с симпатикотонией – 23,8 мс ($p<0,05$). В ответ на выполнение пробы с физической нагрузкой студенты всех групп показали увеличение значений RMSSD. Достоверное увеличение значений отмечается только в группах с ваготоническим (89,7 мс, $p<0,001$) и нормотоническим (54,4 мс, $p<0,001$) типами регуляции, а в группе с симпатикотонией они отсутствуют (33 мс, $p>0,05$). Подобное распределение значений RMSSD у выделенных групп свидетельствует о нарастании парасимпатических влияний от группы с симпатикотонией к группе с ваготонией.

Количество кардиоинтервалов от общего их количества, которые превышают 50 мс у трех исследуемых групп испытуемых, достоверно различается. Данный показатель имеет схожую физиологическую интерпретацию с предыдущим и отражает влияние парасимпатического отдела на управление вегетативными функциями. Крайне низкими значениями данного показателя характеризуется III группа: исходное состояние – 3,6%, после пробы – 10,1% ($p<0,05$). Достоверно более высокие значения pNN50 как в исходном состоянии, так и после пробы с физической нагрузкой отмечены в группе с нормотоническим вегетативным статусом: исходное состояние – 20,5% ($p<0,05$), после пробы – 30% ($p<0,05$). Наибольшим количеством соседних пар, превышающих 50 мс, обладали испытуемые группы с ваготонией в регуляции: исходное состояние – 43,2%, после пробы – 52,7% ($p<0,05$), что подтверждает значительный вклад дыхательных волн в формирование сердечного ритма данной группы.

В целом вышерассмотренные показатели с ростом вклада в регуляцию СР симпатического отдела имели тенденцию к снижению. Направленность изменений значений SDNN, RMSSD, pNN50 у трех выделенных групп схожая, но в различных диапазонах.

Показатели вариационной пульсометрии ИВР, ПАПР, SI (таблица 2) являются индикатором смещения вегетативного баланса [66], причем отмечается однонаправленность их изменений. Вместе с тем данные показатели, характеризуя вегетативный баланс, позволяют рассмотреть его с позиции активности различных звеньев вегетативной нервной системы.

Индекс вегетативного равновесия, указывающий на доминирующее в настоящее время регуляторное звено ВНС, имел достоверные различия между тремя рассматриваемыми по вегетативному статусу группами. Наибольшие значения ИВР выявлены у студентов, отнесенных к группе с симпатикотонией в регуляции (306 у.е.). Достоверно более низкими значениями ИВР обладали представители групп нормотонии – 114 у.е. ($p < 0,05$) и ваготонии – 56,9 у.е. ($p < 0,05$). После выполнения пробы Мартине–Кушелевского испытуемые всех групп демонстрировали снижение значений ИВР, однако в разных диапазонах: I группа – до 40,3 у.е. ($p < 0,001$), II группа – до 71,5 у.е. ($p < 0,05$), III группа – до 175 у.е. ($p < 0,001$). То есть наибольшее снижение ИВР зафиксировано в группе с симпатикотонией.

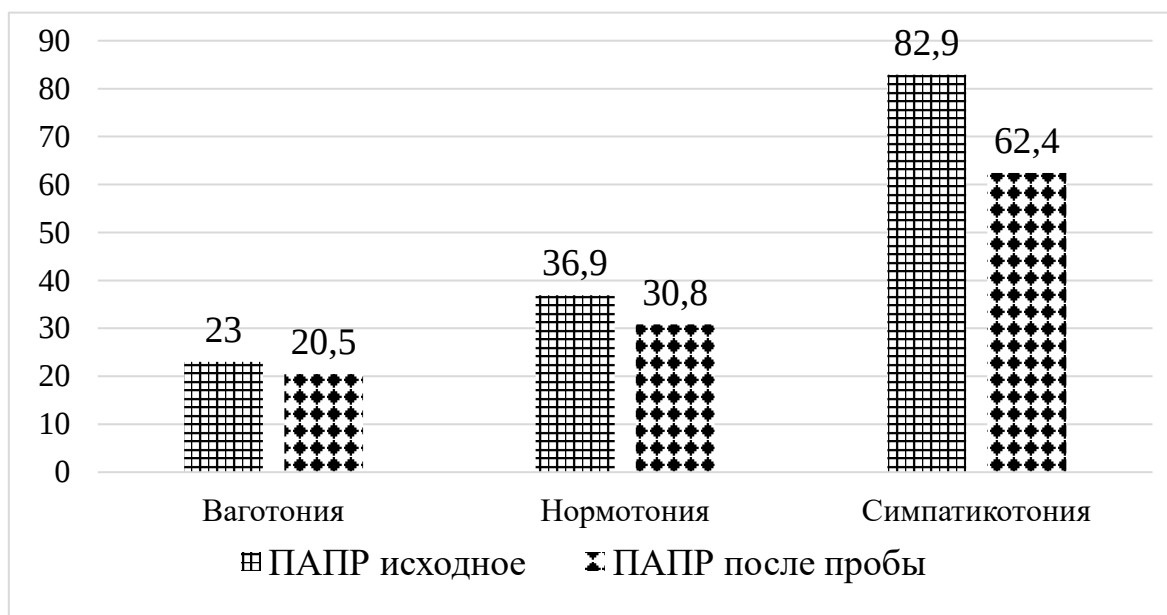


Рисунок 9 – Значения показателя адекватности процессов регуляции в исходном состоянии и после выполнения пробы у групп с различным исходным вегетативным статусом

Индекс напряжения регуляторных систем, отражая степень централизации управления сердечным ритмом [66, с. 53], также имел некоторые особенности у трех рассматриваемых групп. Данный показатель является принципиально важным, поскольку именно по его значениям проводилось

разделение на группы по вегетативному статусу. Однако, несмотря на явное наличие различий в исходном состоянии между группами, представляет интерес анализ особенностей изменения их значений после выполнения пробы. Наиболее низкими значениями ИН в исходном состоянии обладали студенты с ваготонией в регуляции (32,1 у.е.). Достоверно более высокие значения ИН зафиксированы в группе с нормотоническим (71,6 у.е.; $p<0,05$) и симпатикотоническим (268 у.е.; $p<0,05$) типами вегетативной регуляции. После дозированной физической нагрузки (в течение 300 КИ) наблюдается достоверное снижение индекса напряжения регуляторных систем у всех выделенных групп: группа ваготонии – 23,8 у.е. ($p<0,05$), группа нормотонии – 46,4 у.е. ($p<0,05$), группа симпатикотонии – 160 у.е. ($p<0,001$). То есть после выполнения пробы Мартине–Кушелевского у всех трех групп по вегетативному статусу наблюдается снижение значений ИН, по сравнению с исходным, однако отмечаем, что оно связано с процессом восстановления после физической нагрузки, из-за чего наблюдается повышение общей ВСР на всей записи.

Геометрические методы анализа ВСР заключаются в преобразовании последовательности RR-интервалов в определенную структуру, которая носит название гистограммы. Один из основных показателей гистограммы Мо (мода) или диапазон наиболее часто встречающихся значений указывает на преобладающий уровень функционирования синусового узла [66]. Значения Мо достоверно различались в зависимости от исходного вегетативного статуса. Так, у группы с нормотоническим вегетативным статусом значения моды в покое составляли в среднем 805 мс. Самые низкие значения Мо показывала группа с преобладанием симпатического звена ВНС в управлении сердечным ритмом – 584 мс. Напротив, наибольшие значения моды зафиксированы у студентов с ваготоническим типом в регуляции – 911 мс.

Значения показателя амплитуды моды в исходном состоянии у испытуемых III группы составляли 47,6% и были выше на 162% ($p<0,05$), 234% ($p<0,05$), чем у II и I групп соответственно. Изменения значений АМо в ответ на 20 приседаний у всех групп испытуемых были однонаправленны: уменьшение на 13% ($p<0,05$), 19% ($p<0,05$), 27% ($p<0,05$) у I, II, III групп соответственно. Следует отметить тенденцию: с ростом централизации управления сердечным ритмом возрастает амплитуда значения АМо в ответ на дозированную физическую нагрузку.

В таблице 10 представлены данные спектрального анализа СР в исходном состоянии и после пробы у трех выделенных групп.

Таблица 10 – Данные спектрального анализа в исходном состоянии и после выполнения пробы с физической нагрузкой у групп с различным исходным вегетативным статусом ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{откл.}$)

Показатель	Группы испытуемых					
	(I) n=27		(II) n=33		(III) n=13	
	исходное	после пробы	исходное	после пробы	исходное	после пробы
Total – общий спектр мощности волн	7114 pII<0,05	**12063 pII<0,05	2740 pIII<0,05	**6435 pIII<0,05	1127 pI<0,05	*2694 pI<0,05
HF – высокочастотные волны	2125±2013 pII<0,05	*3052±1550 pII<0,05	628±479 pIII<0,05	**1148±892	158±153 pI<0,05	728±1653 pI<0,05
LF – низкочастотные волны	2540±1850 pII<0,05	2405±1628 pII<0,05	1005±496 pIII<0,05	1281±562 pIII<0,05	571±351 pI<0,05	749±691 pI<0,05
VLF – очень низкочастотные волны	2448±1425 pII<0,05	**6605 pII<0,05	1107±720 pIII<0,05	**4005 pIII<0,05	398 pI<0,05	**1216 pI<0,05
LF/HF – симпато-вагальный индекс	1,8±1,6 pII<0,05	**0,9±0,6 pII<0,05	2,7±2,1 pIII<0,05	**1,8±1,7 pIII<0,05	4,9±2,2 pI<0,05	*3±1,9 pI<0,05
%HF – высокочастотный процентный вклад	29,8±28,3 pII<0,05	25,3±12,8 pII<0,05	22,9±17,5 pIII<0,05	17,8±13,9 pIII<0,05	14±13,6 pI<0,05	*27±61,4
%LF – низкочастотный процентный вклад	35,7±26	*19,9±13,5	36,7±18,1 pIII<0,05	*19,9±8,7 pIII<0,05	50,7±31 pI<0,05	*27,8±25,6 pI<0,05
%VLF – очень низкочастотный процентный вклад	34,5±20 pII<0,05	*54,7±20,2 pII<0,05	40,4±26,3	*62,2±31,2 pIII<0,05	35,3±18,7	*45,1±37,8 pI<0,05

Примечание: p I–III – достоверность различий при сравнении значений в группах испытуемых; * – p<0,05, ** – p<0,001 – достоверность различий между исходным значением показателя и после пробы.

I группа – ваготония;

II группа – нормотония;

III группа – симпатикотония.

Анализ волновой структуры сердечного ритма является одним из самых информативных и важных методов в оценке ВСР. Данные волновой структуры СР демонстрируют достоверные различия у групп испытуемых с различным исходным вегетативным статусом. В исходном состоянии у группы нормотоников преобладали низкочастотные компоненты: HF – 628 мс², LF – 1005 мс², VLF – 1107 мс², LF/HF – 2,7. У лиц III группы отмечено выраженное превалирование низкочастотных компонентов (LF – 571, VLF – 398) на фоне чрезвычайно низкого высокочастотного компонента (HF – 158). Самое адекватное соотношение, с точки зрения вегетативного баланса, имели испытуемые группы с ваготоническим типом регуляции (I группа): HF – 2125 мс², LF – 2540 мс², VLF – 2448 мс², LF/HF – 1,8.

На рисунке 10 представлено соотношение волн различной частоты в исходном состоянии у выделенных по вегетативному статусу групп испытуемых.

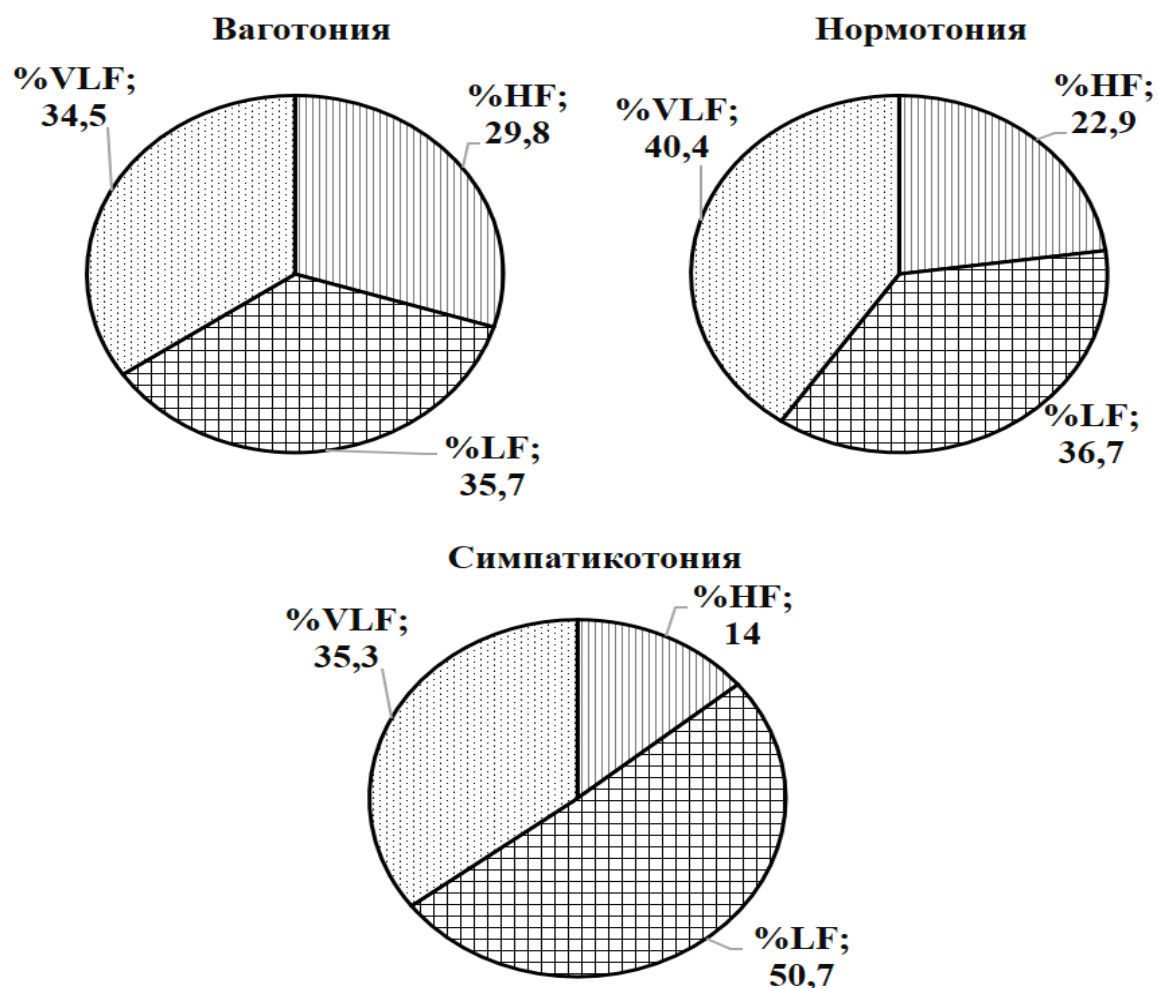


Рисунок 10 – Соотношение волн различной частоты в исходном состоянии в зависимости от вегетативного статуса

В группе студентов с ваготоническим типом регуляции отмечается близкое к балансу процентное соотношение волн различной частоты: %HF – 29,8%, %LF – 35,7%, %VLF – 34,5% (рисунок 10). Однако стоит отметить, что несмотря на выявленный вегетативный баланс в I группе, для их представителей характерно небольшое преобладание низкочастотных компонентов (%LF, %VLF) в общем спектре мощности. Рассматривая соотношение волн в группе с нормотоническим типом регуляции, наблюдаем у них наличие достоверных отличий от группы с ваготонией: %HF – 22,9% ($p < 0,05$), %LF – 36,7%, %VLF – 40,4% ($p < 0,05$). У данной группы отмечается более выраженное смещение на вклад низкочастотных и очень низкочастотных волн в общий спектр мощности. И, наконец, испытуемые, отнесенные к группе с симпатотоническим вегетативным статусом, характеризуются следующим достоверно отличающимся от двух групп соотношением: %HF – 14% ($p < 0,05$), %LF – 50,7% ($p < 0,05$), %VLF – 35,3%. В данной группе большая часть вклада вегетативной регуляции (50,7%) обеспечивается низкочастотными волнами, отражающими активность вазомоторного центра.

При анализе процентного соотношения волновой структуры необходимо обязательно учитывать значение общего спектра мощности волн [83]. Поскольку большое значение имеет уровень, на котором выстраивается это соотношение: Total – 10000 мс² или Total – 1000 мс². В исходном состоянии отмечены достоверно различные значения показателя общего спектра мощности волн между выделенными группами студентов. Самые низкие значения Total отмечены у испытуемых с симпатикотонией в регуляции – 1127 мс². Достоверно более высокие значения наблюдаются у II группы – 2740 мс² ($p < 0,05$). Наиболее высокими значениями Total, которые достоверно отличались от обеих групп, обладали испытуемые с ваготоническим вегетативным статусом – 7114 мс² ($p < 0,05$). Полученные нами данные по группам испытуемых с различным вегетативным статусом согласуются с мнением исследователей [66] о том, что с ростом значения общего спектра мощности волн отмечается увеличение уровня автоматизации в управлении вегетативными функциями организма.

Анализируя реактивность значения Total на пробу Мартине–Кушелевского, следует отметить, что у всех групп испытуемых наблюдается однонаправленная тенденция. Так, у испытуемых II и III групп значения Total увеличиваются на 135% ($p < 0,05$), 139% ($p < 0,05$) от исходных соответственно. У группы же с высокой активностью парасимпатического отдела ВНС наблюдается менее выраженное увеличение (69%, $p < 0,05$) в сравнении с испытуемыми других групп.

Выполнение пробы с физической нагрузкой повлияло на соотношение волн различной частоты в трех исследуемых группах (рисунок 11). В I группе наблюдается значительное увеличение процентного вклада очень низкочастотных волн – 54,7% ($p < 0,05$). Но вместе с тем отмечается снижение вклада %LF (19,9%, $p < 0,05$) и %HF (25,3%). Студенты с нормотоническим

вегетативным статусом характеризуются еще более выраженной реакцией %VLF в ответ на выполнение физической нагрузки (62,2%, $p<0,05$). Два других волновых диапазона имеют ту же направленность изменений, что и группы с ваготонией: %LF (19,9%, $p<0,05$) и %HF (17,8%). III группа с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции, напротив, характеризуется меньшим уровнем повышения %VLF (45,1%, $p<0,05$) после пробы Мартине–Кушелевского. Также у данной группы испытуемых отмечается отличающаяся от других групп тенденция, которая заключается в повышении процентного вклада высокочастотных волн (27%, $p<0,05$).

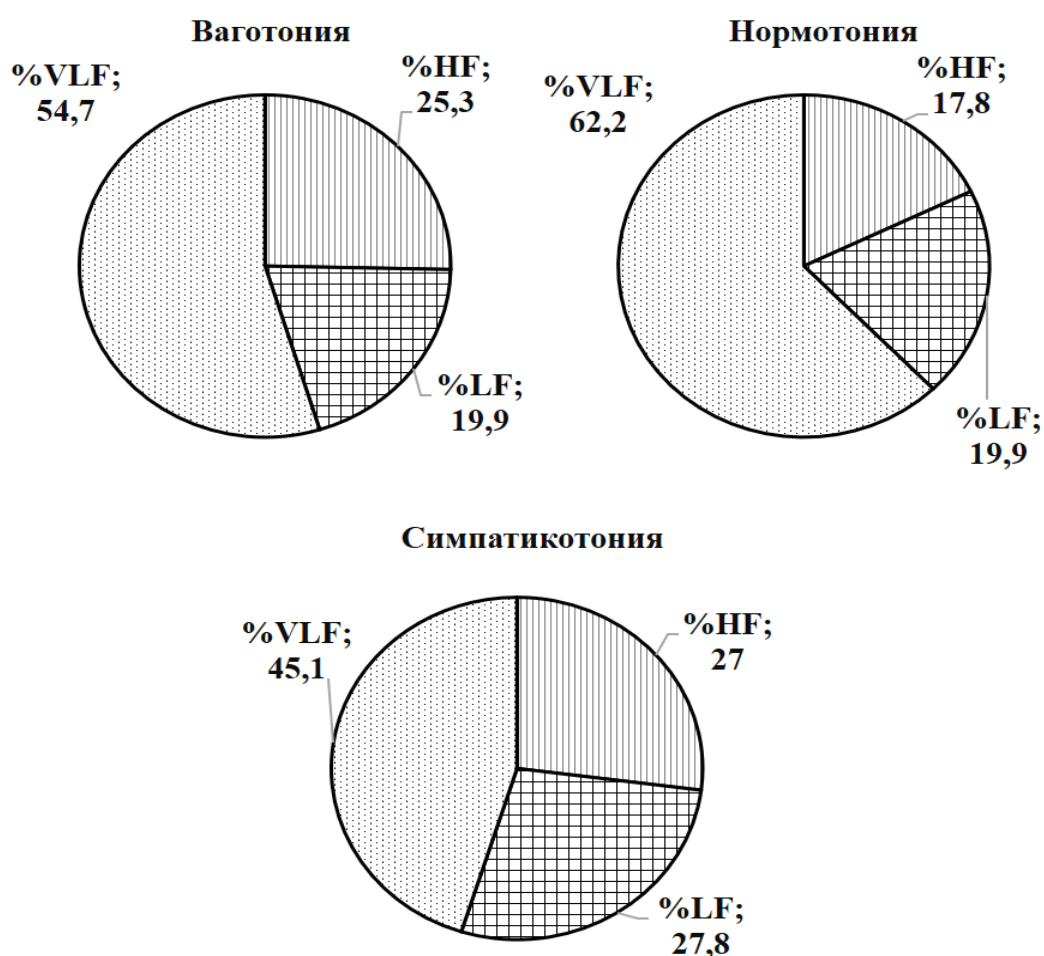


Рисунок 11 – Соотношение волн различной частоты после выполнения нагрузочной пробы в зависимости от вегетативного статуса

Изменения соотношения волн различной частоты, которые наблюдаются после выполнения пробы с физической нагрузкой у всех групп, схожие, но вместе с тем имеются некоторые отличительные черты. Так, у всех трех групп отмечается усиление эргометаболических влияний, в значительно большей степени в группах с ваготонией и нормотонией. В группе с симпатикотоническим вегетативным статусом наблюдается нехарактерная для двух других групп тенденция: повышение процентного вклада высокочастотных волн, что указывает на повышение парасимпатических влияний.

Таким образом, выявлены особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении пробы Мартине–Кушелевского у лиц с различным исходным вегетативным статусом. Наиболее оптимальным вегетативным статусом с точки зрения уровня экономизации и адаптационного потенциала обладают лица с ваготоническим типом регуляции. У них наблюдается наиболее высокая скорость восстановления после выполненной физической нагрузки, которая выражается в более высоких показателях физического состояния как после пробы, так и в исходном состоянии. Направленность изменений спектральных характеристик сердечного ритма у данной группы сводится к возрастанию энергометаболических влияний (%VLF), что, по-видимому, является наиболее оптимальным путем обеспечения процесса восстановления. Также для них характерна сбалансированность между симпатическим и парасимпатическим звеньями регуляции, что указывает на оптимальное функционирование регуляторных систем. Студенты, отнесенные к группе с нормотоническим вегетативным статусом, характеризуются схожими значениями показателей физического состояния и вариабельности сердечного ритма как в исходном состоянии, так и после выполненной пробы. Однако у данной группы наблюдается более высокая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы и центрального контура управления сердечным ритмом, что указывает на менее оптимальный тип вегетативного обеспечения группы с нормотонией, по сравнению с группой ваготонического типа. Лица с симпатикотонией в управлении сердечным ритмом имеют еще более выраженные, отрицательные особенности. Характеризуясь исходно более низкими значениями показателей физического состояния, у них отмечено выраженное преобладание в спектре низкочастотных компонентов, что, наряду с другими показателями вариабельности сердечного ритма, подтверждает значительный вклад симпатического звена ВНС в регуляцию их сердечного ритма. В ответ на пробу у них наблюдается повышение процентного вклада %HF в общий спектр мощности, что, по-видимому, отражает неспособность эффективной адаптации к нагрузке по причине исходно высоких симпатических влияний и обуславливает более медленную скорость восстановления после нагрузки [90; 91].

Следовательно, при интерпретации результатов проведения функциональных проб необходимо учитывать исходный вегетативный статус, в зависимости от которого реакция на пробу может отличаться. Наиболее благоприятными вегетативными статусами (типами), которые обеспечивают эффективную адаптацию в физической нагрузке, являются ваготонический и нормотонический.

2.4 Устойчивость сформированного функционального состояния организма после выполнения дозированной физической нагрузки

В предыдущих исследованиях были рассмотрены особенности исходного уровня вариабельности сердечного ритма и его изменения после выполнения пробы Мартине–Кушелевского (300 КИ, сразу после пробы). Между исходными значениями ВСР и теми, которые были зафиксированы непосредственно после выполнения пробы с приседаниями, были выявлены достоверные различия. То есть выполнение пробы Мартине–Кушелевского обусловило формирование нового функционального состояния организма, которое характеризуется некоторыми особенностями у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, а также у лиц с различным исходным вегетативным статусом. Вместе с тем остается неясным длительность поддержания сформированного функционального состояния, т.е. насколько быстро оно возвращается к исходному.

Цель исследования – проанализировать устойчивость того уровня функционального состояния, который был зафиксирован непосредственно после выполнения пробы с физической нагрузкой.

В исследовании были проведены анализ и обработка показателей вариабельности сердечного ритма, полученных с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург). Регистрировались исходные значения и две записи КИ непосредственно после выполнения пробы Мартине–Кушелевского. Обследовано 15 студентов-спортсменов игровых видов спорта мужского пола в возрасте от 20 до 21 года. Испытуемые были условно здоровы и у них отсутствовали какие-либо патологии, связанные с кардиореспираторной системой. К исследованию приступали в тихой комнате в отсутствие посторонних лиц.

Для реализации цели настоящего эксперимента были использованы интегральные показатели функционального состояния организма, а также основные методы анализа ВСР.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М», а также Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения устанавливалась при помощи критерия Шапиро–Уилка. Внутригрупповые различия между результатами до выполнения нагрузки и после оценивались при помощи W-критерия Уилкоксона.

Для интерпретации полученных результатов важно дать характеристику механизмам, которые запускаются в организме испытуемого при выполнении используемой нами пробы с физической нагрузкой (20 приседаний). Согласно данным Ф.З. Меерсона (1988), при адаптации к мышечной работе организм должен решать две основные задачи: обеспечение мышечной деятельности и поддержание гомеостаза. Эти задачи решаются через мобилизацию специфической функциональной системы, а также реализацию неспецифической стресс-реакции организма. Данные процессы «запускаются»

и корректируются центральным управляющим механизмом, имеющим два звена – нейрогенное и гормональное [92]. В ответ на сигнал о физической нагрузке, в нашем случае это выполнение 20 приседаний, нейрогенное звено вызывает мобилизацию кровообращения, дыхания и других компонентов функциональной системы организма, которая формируется под действием пробы. Наряду с этим механизмом происходит активация гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной и симпатико-адреналовой системы. Их активация есть запуск «стресс-реализующих» систем, которые обеспечивают мобилизацию и необходимый уровень функционирования органов и тканей функциональной системы на клеточном и молекулярном уровнях [92; 93].

Активация вышерассмотренных механизмов выражается в снижении значений показателей ВСП непосредственно после пробы, однако в процессе восстановления значения данных показателей постепенно возвращаются к исходным. Большинству обследованных лиц достаточно было значительно меньше 300 КИ для частичного или полного восстановления исходных значений, как следствие, за счет усреднения данных сформированной ритмограммы показатели ВСП после пробы находятся еще на более высоком уровне, чем в исходном. Однако остается неясным, на каком уровне данные показатели будут находиться во второй записи после пробы.

Данные об изменении значений ВСП и показателей физического состояния после выполнения пробы с физической нагрузкой представлены в таблице 11. В данном исследовании особый интерес вызывает вторая запись после пробы. В следующие 300 КИ после пробы Мартине–Кушелевского испытуемые продемонстрировали достоверно более высокие значения показателей физического состояния: А – 86,1% ($p<0,05$), В – 98,7% ($p<0,05$), С – 79,3% ($p<0,05$), D – 84,3% ($p<0,05$), Health – 87,1% ($p<0,05$). Значения показателей ВСП после пробы смещаются в сторону преобладания автономного контура регуляции СР и парасимпатического отдела ВНС: SDNN – 101 мс ($p<0,001$), RMSSD – 64,6 мс ($p<0,001$), AMo – 18,7% ($p<0,001$), ИИ – 26,3 у.е. ($p<0,05$). В подтверждение данным Ф.З. Меерсона, значения VLF, которые отражают работу энергометаболического уровня системы управления и их увеличение с 1554 мс² – исходные до 5281 мс² – после пробы ($p=0,0009$), указывают на мобилизацию энергетических и метаболических ресурсов. Необходимо еще раз отметить, что такая тенденция наблюдается именно на «дистанции» 300 КИ после пробы. Не вызывает сомнения, что при выполнении пробы Мартине–Кушелевского усиливается влияние симпатического звена ВНС, как и при любой физической нагрузке, но более подготовленные испытуемые демонстрируют быстрое восстановление исходного уровня функционирования ССС. Поэтому запись ритмограммы, на которой строятся значения ВСП после пробы, формируется из процесса восстановления, а также части записи в уже восстановленном или даже сверхвосстановленном состоянии, что обуславливает наличие более высоких значений ВСП после пробы, чем в исходном состоянии.

Таблица 11 – Изменения вариабельности сердечного ритма и показателей физического состояния после выполнения пробы с физической нагрузкой (Хср.±Ст. откл.)

Показатель	Исходное состояние	После пробы	Вторая запись после пробы
А – уровень адаптации	73,6±15	*86,1±14	*74,8±12,3
В – вегетативная регуляция	82,3±13,4	*98,7±2	#*88,7±10,1
С – центральная регуляция	68,1±12,6	*79,3±14,8	*68,6±10,6
Д – психоэмоциональное состояние	73,1±12,8	*84,3±12,7	*74,1±10,7
Health – интегральный показатель	74,3±12,6	*87,1±9,9	*76,6±10,3
В1 – уровень регуляции	82,3±13,4	**98,7±2	#*88,7±10,1
В2 – резервы регуляции	69,2±16,6	**97,5±5,9	*73,3±17,4
С1 – уровень компенсации	68,1±12,6	*79,3±14,8	*68,6±10,6
С2 – резервы компенсации	73,3±10,5	*83,6±12,4	*75,8±9,4
ЧСС – частота сердечных сокращений	69,8±8,3	69,6±7,9	69,6±7,6
SDNN	60,8±19,7	**101±23,3	**64,1±18,1
pNN50	19,7±15,3	**36,2±17,7	**21±14,1
RMSSD	42,7±19,3	**64,6±27,7	**42,7±14,7
АМо – амплитуда моды	28±6,9	**18,7±4,9	*26±7
Мо – мода	845±116	*880±140,2	850±106,4
dX – вариационный размах	289,9±90,5	**453,6±81,3	**302,5±60
ИБР – индекс вегетативного равновесия	108,5±46	**44,5±19,8	#*91,7±38
ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции	34,2±11,2	**22±7,4	*31,1±9,2
ИН – индекс напряжения регуляторных систем	67,2±32,3	*26,3±13	***55,3±23,8
ВПР – вегетативный показатель ритма	0,3±0,1	*0,5±0,1	*0,4±0,1
HF – высокочастотные волны	727±734	*1780±1373	*723±564
LF – низкочастотные волны	1576±913	1883±631	1578±657
VLF – очень низкочастотные волны	1554±1115	**5281±2510	**1800±1207
LF/HF – симпато-вагальный индекс	3±1,5	*1,7±1,2	*3±1,8
Total – общая мощность спектра	3857±2707	**8945±3981	**4100±2372

Примечание: * – достоверность различий между пробами 1–2, 2–3 (* – $p<0,05$; ** – $p<0,001$); # – достоверность различий между пробами 1–3 (# – $p<0,05$).

Уже во второй записи после пробы наблюдается снижение значений показателей физического состояния и ВСР относительно записи непосредственно после пробы (рисунок 12). Так, отмечается достоверное уменьшение значений показателей физического состояния: уровня адаптации организма – 74,8% ($p<0,05$), вегетативной регуляции – 88,7% ($p<0,05$), центральной регуляции – 68,6% ($p<0,05$), психоэмоционального состояния – 74,1% ($p<0,05$), интегрального показателя физического состояния – 76,6% ($p<0,05$). Вместе с тем

полное восстановление после выполненной нагрузки и стабилизация ритма сердца обуславливают снижение показателей ВСР: SDNN – 64,1 мс ($p < 0,001$), RMSSD – 42,7 мс ($p < 0,001$), AMo – 26% ($p < 0,05$), ИН – 55,3 у.е. ($p < 0,001$).

Сравнивая значения показателей исходной записи и второй записи после выполнения пробы с физической нагрузкой, отмечаем отсутствие достоверных различий практически по всем рассматриваемым в таблице 11 показателям. Достоверные различия от исходных сохранялись лишь в двух показателях физического состояния: показатель вегетативной регуляции – 88,7% ($p < 0,05$), показатель уровня регуляции В1 – 88,7% ($p < 0,05$). Из показателей ВСР достоверные отличия второй записи после нагрузочной пробы от исходной остались лишь в показателях ИВР – 91,7 у.е. ($p < 0,05$) и ИН – 55,3 у.е. ($p < 0,05$).

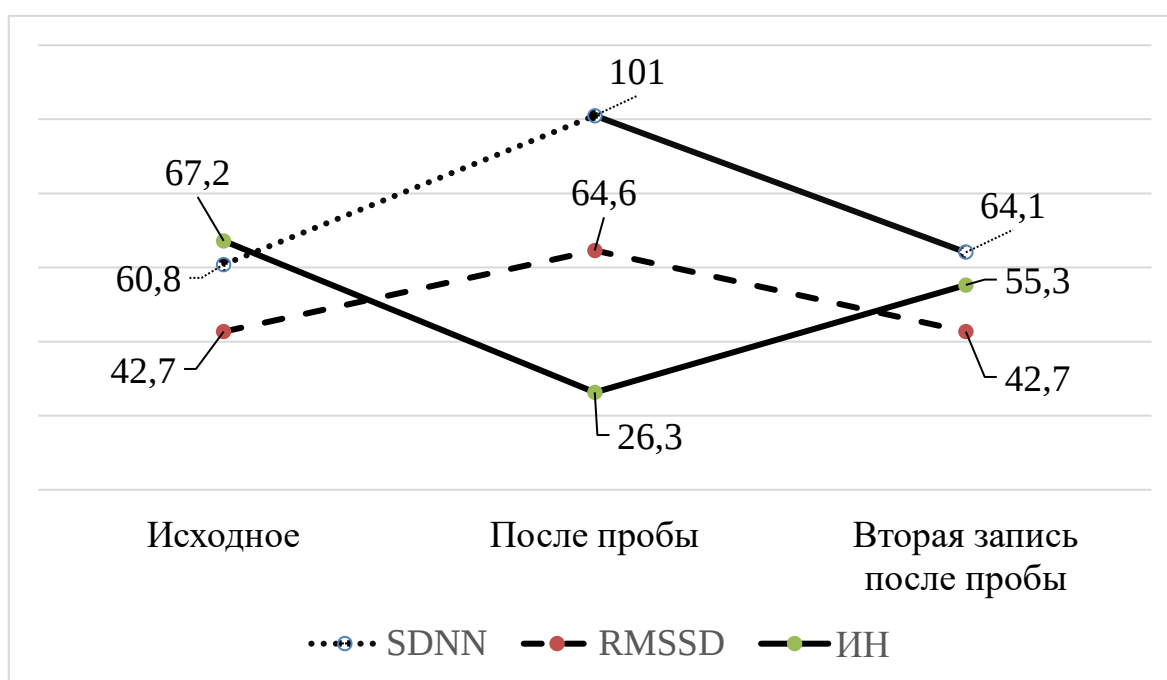


Рисунок 12 – Динамика показателей вариабельности сердечного ритма после выполнения пробы с физической нагрузкой

То есть во второй записи после пробы наблюдается достоверное снижение значений тех показателей, которые имели более высокие значения после ее выполнения. Таким образом, организм обеспечивает работу мышц во время приседаний мобилизацией необходимых ресурсов и активацией специфических систем. Затем те же системы работают над ликвидацией кислородного долга и восстановлением гомеостаза. Далее нет необходимости использовать функциональные резервы организма и его функционирование вновь переходит на наиболее оптимальный, а именно экономный режим функционирования с точки зрения расхода резервов. Вместе с тем стоит отметить, что некоторые из показателей (В, ИН, ИВР) сохраняются на более высоком уровне, чем в исходном состоянии, что может объясняться состоянием некоторой

функциональной готовности к выполнению последующей физической нагрузки.

Таким образом, проанализирована устойчивость сформированного после выполнения дозированной физической нагрузки уровня функционального состояния. Выполнение пробы Мартине–Кушелевского сопровождается мобилизацией энергетических и метаболических ресурсов, а также активацией гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системы, которая отражается в изменении значений показателей физического состояния и вариабельности сердечного ритма. Однако уже после 3–4-х минут значения данных показателей возвращаются к исходным, так как относительный физиологический покой не требует мобилизации такого количества ресурсов, как при выполнении пробы с приседаниями. Однако некоторые из рассмотренных показателей вариабельности ритма сердца, отражающих степень централизации в управлении вегетативными функциями, сохранялись на более высоком уровне в процессе второй записи после пробы, в сравнении с исходными. Данная особенность, возможно, связана с поддержанием состояния функциональной готовности, которое требует более высокого уровня функционирования, чем в состоянии относительного покоя.

Глава 3

СПОСОБ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПОСЛЕ ПРОБЫ МАРТИНЕ–КУШЕЛЕВСКОГО

3.1 Способ оценки функционального состояния организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки

Оценка уровня функциональной готовности спортсмена в реальном времени и прогноз на предстоящую и будущую спортивную деятельность являются актуальной проблемой для специалистов спортивной медицины, тренеров и самих атлетов. Сегодня в этих целях используются многочисленные методы скрининг-диагностики: функциональные методы, лабораторные тесты, психофизиологические диагностические комплексы. Однако их диагностическая значимость в оценке ФС неоднозначна. Ограничением для многих применяемых в настоящее время тестов в педагогике спорта является нежелательная продолжительность обследования с недостаточной степенью индивидуализации, а результаты обследований далеко не всегда однозначно трактуются специалистами. Решение этой проблемы нам видится в создании новых и совершенствовании существующих методов диагностики на базе современного уровня математического анализа и прогнозирования, а также компьютерных технологий [94]. С использованием вышеперечисленных средств нами разработан способ оценки ФС организма.

Цель исследования – разработка и экспериментальное обоснование способа оценки функционального состояния организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки.

В исследовании на добровольной основе участвовало 84 студента ВГУ имени П.М. Машерова, мужского пола, в возрасте 18–20 лет. Из них 64 студента факультета физической культуры и спорта и 20 студентов факультета социальной педагогики и психологии.

В качестве дозированной физической нагрузки применялась проба Мартине–Кушелевского. В положении испытуемого сидя регистрировалась электрокардиограмма (ЭКГ) сердца в I стандартном отведении на программно-аппаратном комплексе «Омега-М». После выполнялись 20 приседаний за 30 секунд, сразу по окончании которых регистрировалась ЭКГ в положении сидя. Дополнительная новая информация была получена с помощью метода математической статистики. Были обработаны 600 кардиоинтервалов каждого испытуемого и рассчитаны показатели M_0 , A_{M_0} , D_x и комплексный ИН (индекс напряжения). Показатель ИН после пробы рассчитывался

по формуле: $AMo \div 2 * dX * Mo$. Для поиска моды использовался размах ± 25 мс. Изменение значения показателя ИН, в ответ на пробу, рассчитывалось по 30-ти первым КИ. Остальные: на 1, 2, 3-й минутах восстановления по количеству КИ, попадавших в эти периоды восстановления.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» и Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения устанавливалась при помощи критерия Шапиро–Уилка. Достоверность различий между исходными показателями и после выполнения пробы определяли с помощью парного t-критерия Стьюдента, а в случае ненормального распределения при помощи W-критерия Уилкоксона. Для определения уровня достоверности различий между выделенными группами использовали U-критерий Манна–Уитни, а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента. Силу и направленность связей между группами по ФС и показателями ВСР у испытуемых изучали с помощью корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Пирсона.

Разработанный способ основывается на концепции Р.М. Баевского и А.П. Бересневой [96], в которой сердечно-сосудистая система выступает как индикатор адаптивных реакций всего организма. Считается, что достаточно выявить уровень функционирования ССС и степень напряжения ее регуляторных систем для оценки состояния всего организма в целом. Однако исследование в состоянии относительного покоя имеет ряд недостатков, которые устраняются применением функциональной пробы. Дозированная физическая нагрузка, обладая простотой и доступностью в выполнении, позволяет нам оценить степень реактивности ВНС, а также отследить процесс восстановления его баланса с помощью методов вариабельности сердечного ритма и математической статистики. По реакции ВНС на физическую нагрузку мы оцениваем адекватность функционирования ведущего регуляторного механизма организма и соответственно его текущее функциональное состояние.

Настоящий способ основывается на данных индекса напряжения, который рассчитывался следующим образом: $AMo \div 2 * dX * Mo$. Показатель ИН указывает на уровень централизации в управлении ритмом сердца [6; 82]. Чем меньше величина ИН, тем больше активность парасимпатического отдела и автономного контура. Исследователь Е.А. Гаврилова показывает [6; 64], что если регулирование осуществляется оптимально, то управление происходит с минимальным участием высших уровней. При неоптимальном управлении необходимо активировать более высокие уровни управления, что усиливает напряжение систем регуляции. Это, в свою очередь, ведет к возрастанию «цены» адаптации к условиям спортивной деятельности. Соответственно, эту характеристику можно рассматривать как важный компонент физической тренированности спортсмена. Также известно, что преобладание автономности в управлении можно расценивать как высокий уровень пластичности, которая обеспечивает оптимальное приспособление к изменяющимся условиям среды [97].

В ходе проведения исследования нами выделены 3 типа динамики индекса напряжения после пробы Мартине–Кушелевского: оптимальный тип, неоптимальный тип и парадоксальный. На рисунке 13 представлены отмеченные нами типы динамики вегетативного баланса по данным изменений ИН. Анализируя значения ИН в исходном состоянии, мы даем характеристику исходному уровню функционирования регуляторных систем организма и, соответственно, в дальнейшем можем сравнивать его с изменениями после физической нагрузки (точка «Исходное» на графике). Вторая точка на графике «Сразу» показывает реакцию ВНС на 20 приседаний и является индикатором адекватности активации необходимых для адаптации регуляторных механизмов. Третья точка, подписанная на графике как «1 минута», отражает переходный процесс между высокой активностью симпатического звена ВНС и постепенным снижением уровня функционирования к парасимпатическому отделу (в норме). Значения индекса напряжения на 2-й минуте после выполненной физической нагрузки, по нашему мнению, наиболее информативны в оценке текущего функционального состояния организма и его адаптационного потенциала, а также в прогнозировании скорости полного восстановления организма после нагрузки. Поскольку в этот период у лиц с высоким уровнем ФС наблюдается так называемая вторая фаза восстановления вегетативного баланса, а у некоторых и сверхвосстановления, которая указывает на оптимальную готовность организма к дальнейшей физической работе и, соответственно, свидетельствует о высоком ФС их организма. Однако в случае с недостаточными функциональными возможностями организма у лиц с низким уровнем ФС могут наблюдаться значения индекса напряжения более высокие, чем были в исходном состоянии. Это свидетельствует о неполном восстановлении организма и необходимости его функционирования на достаточно высоком и затратном с позиции ресурсов уровне.

Оптимальная кривая изменения ИН после выполнения 20 приседаний характеризуется наличием исходно достаточно низких значений ИН, которые находятся в границах превалирования тонуса парасимпатического отдела ВНС в регуляции вегетативными функциями. В ответ на выполнение пробы Мартине–Кушелевского у данного типа наблюдается повышение ИН, что обеспечивает нормальный уровень энергометаболического обеспечения процесса выполнения приседаний и последующего быстрого восстановления. Уже после 1-й минуты восстановления испытуемые с оптимальным типом динамики демонстрируют снижение индекса напряжения. У части из них ИН снижался практически до исходных, а у некоторых достигал фоновых значений. Дальнейшая направленность изменения ИН заключается в достижении исходных значений, а у некоторых и вовсе наблюдаются значения ИН ниже исходных.

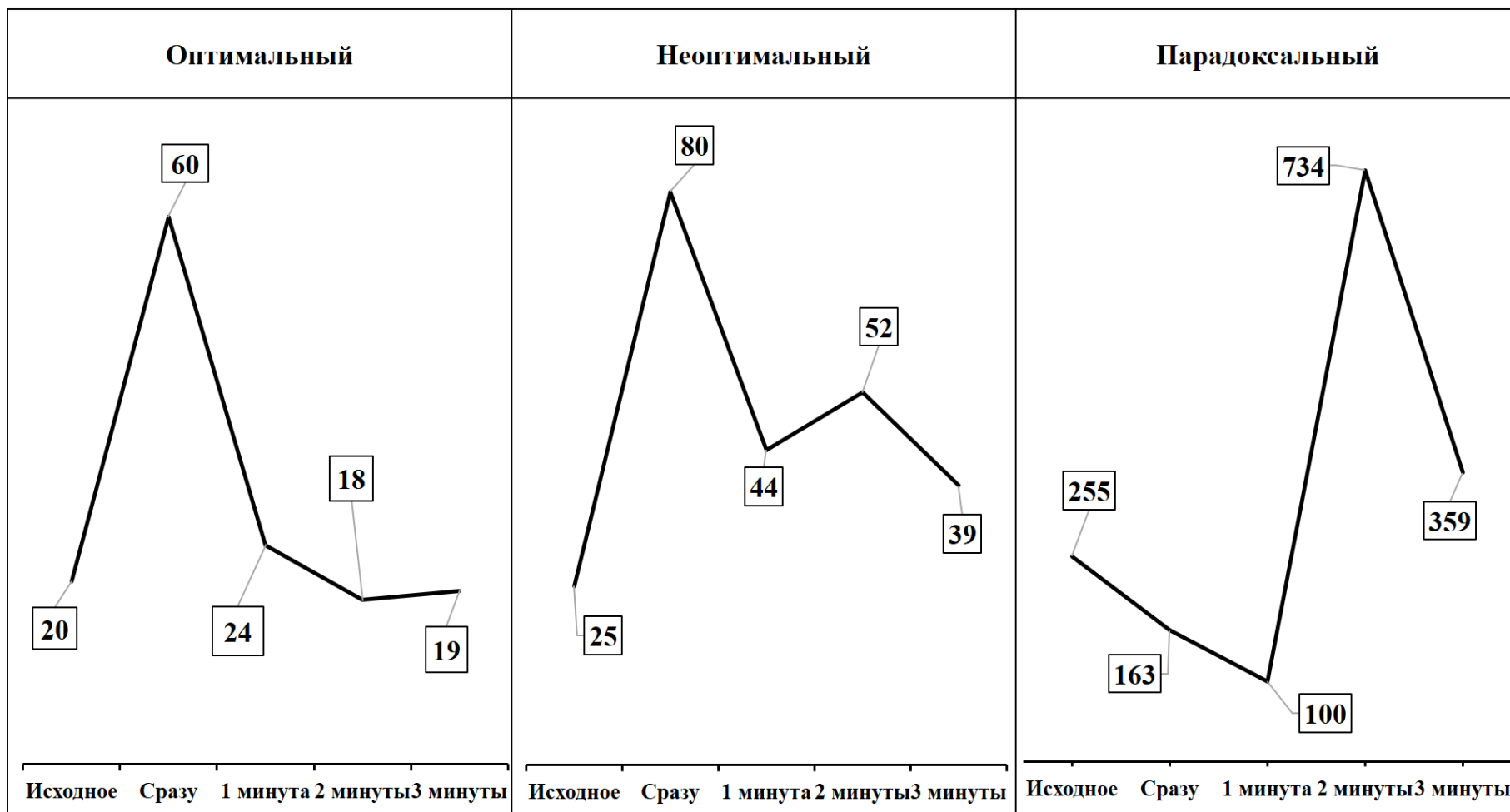


Рисунок 13 – Типы динамики индекса напряжения регуляторных систем после выполнения дозированной физической нагрузки (в исходном состоянии, сразу после нагрузки, а также в процессе восстановления); представлены наиболее характерные типы с динамикой значений индекса напряжения

Неоптимальный тип динамики, в большинстве случаев, зафиксирован у лиц с исходно более высокими значениями ИН, чем у испытуемых с оптимальной динамикой. Однако отмечался ряд случаев, в которых на фоне исходно выраженной ваготонии в регуляции сердечным ритмом наблюдалась неоптимальная или парадоксальная реакция на нагрузочную пробу. Реакция ВНС в ответ на выполнение приседаний у лиц с данным типом динамики характеризовалась большим приростом значений ИН, чем с оптимальным. Данная особенность, по-видимому, обусловлена необходимостью большего вмешательства центральных механизмов и симпатического отдела ВНС в вегетативное обеспечение, что менее экономно, по сравнению с меньшим уровнем прироста у лиц с оптимальной динамикой. Дальнейший процесс восстановления характеризуется снижением значений ИН, однако после 3-х минут при неоптимальном типе динамики не отмечается достижение исходных значений. То есть представителям с данным типом динамики не было достаточно 3-х минут для восстановления, что является неоптимальным. В рамках ортодоксальных представлений о скорости восстановления исходного уровня ЧСС и АД после 20 приседаний за 30 секунд оно не должно превышать 2 минут 40 секунд. Однако стоит заметить, что вегетативные регуляторные механизмы – более тонкие критерии для оценки, чем частота пульса, и, возможно, это нормально, что данные механизмы должны функционировать на более высоком уровне. Но вместе с тем был ряд испытуемых, которые восстанавливали исходные значения ИН после 2–3-х минут отдыха, соответственно, их функциональные возможности, в сравнении с теми, кто не успевал восстановиться, мы считаем более высокими.

Таблица 12 – Группы выделенных функциональных состояний

Низкое	Среднее	Высокое	Очень высокое
Значения ИН – 150–200 у.е., динамика изменения ИН неоптимальная или парадоксальная. Либо значения ИН выше 200 у.е. с любым типом реакции на физическую нагрузку	Значения ИН – 100–150 у.е., с оптимальным типом динамики. Либо значения ИН – 50–100 у.е., с неоптимальной динамикой после нагрузки	Значения ИН до 50 у.е., динамика после нагрузки оптимальная. Либо парадоксальный тип динамики с ИН – 25–50 у.е., исключая патологию по данным других показателей	Значения ИН до 25 у.е., с оптимальным типом динамики или парадоксальным, исключая по данным других показателей патологию

Парадоксальный тип динамики зачастую наблюдался у лиц, которые исходно обладали достаточно высокими значениями ИН (рисунок 13). Однако не всегда, некоторые из участвующих в настоящем исследовании студентов, обладая исходно оптимальными значениями ИН, демонстрировали парадоксальную реакцию после выполнения нагрузки. Данная особенность еще раз подчеркивает необходимость использования функциональных проб

для получения объективных данных об уровне ФС организма. В ответ на пробу Мартине–Кушелевского при данном типе динамики наблюдалась парадоксальная реакция ИН: снижение ниже исходных значений. То есть по данным 30-ти первых КИ после пробы наблюдается повышение ВСП, в сравнении с исходным уровнем, и лица с данным типом динамики адаптируются к нагрузке через повышение активности парасимпатического звена ВНС и автономного контура регуляции. Такая тенденция вступает в явное противоречие с имеющимися научными данными, из которых известно о необходимости усиления симпатических влияний при выполнении физической нагрузки. Следовательно, такая направленность изменений в ответ на пробу может рассматриваться как парадоксальная. Последующие изменения индекса напряжения в процессе восстановления у лиц с данным типом динамики носили различный характер. У некоторых отмечалось дальнейшее снижение ИН с последующим повышением до исходных, а некоторые, напротив, показывали более высокие значения ИН после 1-й минуты восстановления, в сравнении со значениями периода «Сразу» после пробы с дальнейшей волнообразной динамикой.

Процентное распределение испытуемых ($n=84$) по типу динамики изменений ИН после физической нагрузки выглядит следующим образом: оптимальный тип (56%), неоптимальный тип (29%), парадоксальный тип (15%). Таким образом, большинство испытуемых, а именно 47 испытуемых, показали оптимальный тип динамики. У оставшихся студентов отмечен неоптимальный ($n=24$) или парадоксальный типы ($n=13$) динамики.

После анализа динамики ИН после нагрузочной пробы, а также уровня, на котором выстраивается эта динамика, были выделены 4 группы по уровню ФС (таблица 12). Низкое ФС заключено у лиц с выраженной активностью симпатического отдела ВНС и центрального контура в регуляции как в исходном состоянии, так и после пробы. Тип динамики ИН после нагрузочной пробы у этих испытуемых является неоптимальным или парадоксальным. В группу с высоким ФС отнесены испытуемые с низкой активностью симпатического звена ВНС (ИН – до 50 у.е.), т.е. у которых в покое наблюдался вегетативный баланс с позиции соотношения активности парасимпатического и симпатического звеньев ВНС. В ответ на пробу они показывают оптимальный тип реакции и скорости восстановления, либо парадоксальный (с ИН – 25–50 у.е.), исключая патологию по данным других показателей. Наиболее интересной группой как с позиции изучения их регуляторных механизмов, так и с позиции отбора лиц с высокими функциональными возможностями является группа с очень высоким ФС. У этих испытуемых отмечается крайне высокая активность парасимпатического отдела ВНС и автономного контура в регуляции.

Таблица 13 – Значения показателей физического состояния и ВСР в исходном состоянии и после выполнения пробы с физической нагрузкой у выделенных по уровню функционального состояния групп

Показатель	Низкое ФС (I) n=15		Среднее ФС (II) n=27		Высокое ФС (III) n=31		Очень высокое ФС (IV) n=10	
	исходное	после пробы	исходное	после пробы	исходное	после пробы	исходное	после пробы
ЧСС – частота сердечных сокращений	87±12 pII<0,05 pIII<0,05	95±15 pII<0,05 pIII<0,05	74±7 pIII<0,05 pIV<0,05	79±10 pIII<0,05 pIV<0,05	68±8 pIV<0,05	69±10 pIV<0,05	59±9 pI<0,05	60±10 pI<0,05
Health – интегральный показатель	51±21 pII<0,05 pIII<0,05	54±20 pII<0,05 pIII<0,05	73±11 pIII<0,05 pIV<0,05	77±11 pIII<0,05 pIV<0,05	84±8 pIV<0,05	90±7 pIV<0,05	97±3 pI<0,05	95±6 pI<0,05
ИН – индекс напряжения	177±100 pII<0,05 pIII<0,05	111±60 pII<0,05 pIII<0,05	63±25 pIII<0,05 pIV<0,05	46±24 pIII<0,05 pIV<0,05	40±11 pIV<0,05	24±12 pIV<0,05	19±7 pI<0,05	14±4 pI<0,05
RMSSD	27±10 pII<0,05 pIII<0,05	35±19 pII<0,05 pIII<0,05	47±17 pIII<0,05 pIV<0,05	55±13 pIII<0,05 pIV<0,05	63±18 pIV<0,05	83±20 pIV<0,05	110±31 pI<0,05	117±21 pI<0,05
SDNN – стандартное отклонение N-N-интервалов от среднего значения	40±13 pII<0,05 pIII<0,05	58±21 pII<0,05 pIII<0,05	61±11 pIII<0,05 pIV<0,05	83±23 pIII<0,05 pIV<0,05	74±12 pIV<0,05	108±23 pIV<0,05	114±16 pI<0,05	134±25 pI<0,05
Мо – мода	669±116 pII<0,05 pIII<0,05	635±138 pII<0,05 pIII<0,05	784±83 pIII<0,05 pIV<0,05	769±111 pIII<0,05 pIV<0,05	863±123 pIV<0,05	859±147 pIV<0,05	992±225 pI<0,05	968±220 pI<0,05
Total – общий спектр мощности	1672 pII<0,05 pIII<0,05	2925 pII<0,05 pIII<0,05	3505 pIII<0,05 pIV<0,05	6215 pIII<0,05 pIV<0,05	4997 pIV<0,05	11022 pIV<0,05	12281 pI<0,05	16639 pI<0,05

Примечание: pI–IV – достоверность различий при сравнении значений между группами по уровню функционального состояния.

В таблице 13 представлены значения основных показателей ВСР в покое и после функциональной пробы. Показатель частоты сердечных сокращений демонстрирует следующую достоверную тенденцию: с повышением уровня ФС организма ЧСС снижается. Интегральный показатель Health оказывается достоверно наиболее высоким как в исходном состоянии, так и после пробы с физической нагрузкой в группе с очень высоким ФС. Стоит отметить достаточно высокие значения Health в группе с высоким ФС, которые после выполнения пробы достигают 90%. Показатели, отражающие активность парасимпатического отдела ВНС и суммарный эффект вегетативной регуляции на ритм сердца, показывают ту же тенденцию, что и предыдущий показатель: группа с очень высоким ФС имеет самые высокие значения RMSSD и SDNN, а представители группы с низким ФС, напротив, наименьшие их значения.

Таким образом, по всем показателям, отраженным в таблице 13, выявлены достоверные различия ($p < 0,05$) между выделенными группами как в исходном состоянии, так и после пробы. Это подтверждает целесообразность такого разделения. Однако было бы справедливо заметить, что наличие достоверных различий в значениях этих показателей позволяет без анализа динамики изменения вегетативного баланса после нагрузочной разделять их на группы по уровню ФС. Однако в нашей относительно небольшой выборке ($n=84$) имеется шесть испытуемых, отнесенных к группам с низким и средним ФС и исходно имеющих благоприятные значения показателей ИН и других показателей ВСР, после нагрузки показывают парадоксальную и неоптимальную динамику их изменений. Заклучив высокий уровень их ФС, мы дали бы ложную оценку уровню их ФС и, возможно, неверные рекомендации для коррекции плана учебно-тренировочного процесса спортсменов или лиц в других сферах со схожими задачами.

Дополнительно был проведен корреляционный анализ между выделенными группами по предлагаемому способу и показателями ВСР, а также интегральным показателем Н по программно-аппаратному комплексу «Омега-М». Так, выявлены следующие уровни корреляции: Н – интегральный ($r=0,75$), SDNN ($r=0,82$), ПАПР ($r=-0,78$), ЧСС ($r=-0,68$), Total ($r=0,77$), RMSDD ($r=0,75$). Полученные корреляционные данные подтверждают целесообразность использования настоящего способа в оценке функционального состояния организма. Для оценки ФС многих испытуемых достаточно анализа показателей ВСР в покое, однако часть испытуемых в таком случае будет неверно оценена и им будут даны ложные рекомендации.

Профессор Е.А. Гаврилова отмечает [61], что для объективной оценки функционального состояния организма необходимо три ведущих компонента: уровень проявления экономизации в покое, эффективная мобилизация систем и ресурсов при нагрузке, быстрое и эффективное протекание восстановительных процессов после них. Все три вышеперечисленных компонента учитываются в предлагаемом способе оценки функционального состояния организма.

Таким образом, представлен и экспериментально обоснован способ оценки функционального состояния организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки. Выделены три типа динамики индекса напряжения после выполнения пробы Мартине–Кушелевского: оптимальный, неоптимальный и парадоксальный типы, – которым дана характеристика в соответствии с направленностью изменений после нагрузки. На основании типов динамики, а также уровня индекса напряжения, на котором этот тип выстраивается, разработана классификация групп по уровню функционального состояния, в соответствии с которой выделены 4 группы: низкое, среднее, высокое и очень высокое функциональное состояние [98; 99]. Рассмотрены значения показателей физического состояния и вариабельности сердечного ритма у выделенных по функциональному состоянию групп и выявлены достоверные различия между ними. Наличие достоверных различий подтверждает целесообразность применения данного способа в оценке функционального состояния организма. А выявление высоких уровней корреляционной связи между распределением на группы и показателями физического состояния и ВСР свидетельствует об адекватности оценки, но с внесением своих корректив. С использованием данного способа мы получаем объективную информацию о ФС организма, которая базируется на использовании метода с многолетним опытом применения – вариабельность сердечного ритма, на оценке комплексного показателя, отражающего уровень напряжения регуляторных систем организма, а также на одинаковых условиях для разных обследуемых, исключая вмешательство оператора. Данный способ может быть использован для оценки функционального состояния в спорте, МЧС, клинической и военной медицине, а также как способ профессионального отбора лиц с высоким уровнем ФС организма.

3.2 Оценка функционального состояния организма студентов-первокурсников ФФК и С по данным динамики восстановления вегетативного баланса после дозированной физической нагрузки

Актуальность проведения исследований, связанных с выявлением особенностей и оценкой функционального состояния студентов, обусловлена рядом факторов. Во-первых, само по себе обучение в высшем учебном заведении связано с высокой нагрузкой на организм студента, которая приводит к напряжению регуляторных систем его организма и, соответственно, развитию утомления. Во-вторых, специфика обучения на факультете физической культуры и спорта (ФФК и С) предъявляет высокие требования к функциональному состоянию и возможностям организма студентов [100]. В-третьих, студенты-первокурсники зачастую сталкиваются с рядом трудностей при адаптации к новым условиям обучения в высшем учебном заведении

[101], которые в совокупности вызывают излишнее напряжение регуляторных систем. Пул вышеперечисленных факторов оказывает сильное стрессорное воздействие на организм первокурсников. В этих условиях просто необходимым является контроль их ФС. Своевременное выявление и коррекция сниженного ФС студентов I курса позволят быстрее адаптироваться к новому месту обучения и повысят качество освоения специальности.

Цель исследования – оценка и выявление особенностей функционального состояния организма студентов-первокурсников ФФК и С по данным динамики восстановления вегетативного баланса и параметров центральной гемодинамики после дозированной физической нагрузки.

Обследовано 45 студентов-добровольцев I курса ФФК и С Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Средний возраст обследованных составлял 18 ± 1 год. Обследования проводились в сентябре 2019 года, каждые понедельник–вторник, в период времени с 9.00 до 11.00.

В качестве дозированной физической нагрузки использовалась проба Мартине–Кушелевского (20 приседаний за 30 секунд). В положении испытуемого сидя регистрировалась ЭКГ сердца в I стандартном отведении (по международным стандартам) на программно-аппаратном комплексе «Омега-М» («Динамика», г. Санкт-Петербург). После этого выполнялись 20 приседаний за 30 сек, по окончании которых регистрировалась ЭКГ в положении сидя. Функциональное состояние организма студентов оценивалось по данным изменения вегетативного баланса после физической нагрузки. Были обработаны 600 кардиоинтервалов каждого испытуемого и рассчитаны показатели Мо (мода), Амо (амплитуда моды), Dx (вариационный размах) и комплексный ИН (индекс напряженности). Показатель ИН после пробы рассчитывался по формуле: $АМо \div 2 \times dX \times Мо$. Для поиска моды использовался размах ± 25 мс.

Дополнительно фиксировались значения показателей частоты сердечных сокращений и артериального давления в исходном состоянии и в процессе восстановления после пробы (сразу после пробы, на 1, 2 и 3-й минутах восстановления). Уровень АД измерялся по методу Н.С. Короткова.

Интегральная оценка функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС), ее состояния, реактивности и изменений в процессе восстановления обеспечивалась расчетом дополнительных показателей, которые представлены в разделе 2.1 (таблица 1).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» и Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения полученных данных определялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Достоверность различий между исходными показателями и после выполнения пробы устанавливали с помощью парного t-критерия Стьюдента, а в случае ненормального распределения – при помощи W-критерия Уилкоксона. Для определения уровня достоверности различий между выделенными группами использовали U-критерий Манна–Уитни, а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента.

Данные, полученные после обследования студентов, разделены на 4 группы по уровню функционального состояния: низкое ($n=7$), среднее ($n=13$), высокое ($n=20$) и очень высокое ($n=5$). В таблице 14 представлены средние значения показателя индекса напряжения и амплитуды моды в исходном состоянии и после пробы Мартине–Кушелевского, по которому рассчитывался ИН и проводилось дальнейшее разделение на группы по ФС.

Высокая активность центрального контура и симпатического отдела ВНС в управлении сердечным ритмом в покое (приложение 5), гиперреактивность или парадоксальная реакция в ответ на физическую нагрузку и неоптимальная динамика восстановления (приложение 6) оценивалась нами как низкое ФС. У данной группы студентов показатель ИН в исходном состоянии составлял 137,5 у.е. В ответ на пробу значения ИН у них возрастали в среднем до 911 у.е., а в процессе восстановления наблюдалось снижение ИН до 196 у.е. и 274 у.е., соответственно, на 2-й и 3-й минутах. Показатель амплитуды моды у лиц с низким уровнем ФС характеризовался исходно высокими значениями – 46,9%, а после выполнения 20 приседаний АМо повысилась до 54,2%. Дальнейшая динамика амплитуды моды характеризовалась восстановлением исходного уровня, который был достигнут на 3-й минуте – 45,7%. Важно отметить, что значения ИН так и вернулись к исходным после 3-х минут у студентов данной группы, а показатель АМо на 3-й минуте оказался даже немного ниже исходных. Следовательно, высокий уровень ИН и низкая ВСР поддерживались за счет более низкого вариационного размаха, который также вносит существенный вклад в формирование значений ИН.

Группа со средним ФС характеризуется значениями ИН – 100–150 у.е. (приложение 3) и оптимальной динамикой восстановления (снижение индекса напряжения до исходных ко 2–3-й минутам), либо значения ИН – 50–100 у.е., с неоптимальной динамикой после нагрузки (приложение 4). К группе со средним ФС отнесены лица с индексом напряжения в покое, находящимся в пределах нормы, – 52,4 у.е. В ответ на пробу Мартине–Кушелевского у них наблюдается значительный прирост значений ИН – 391 у.е. Кривая восстановления после нагрузки характеризуется постепенным снижением индекса напряжения, однако на 3-й минуте его значения еще находятся на уровне, превышающем исходный, – 86 у.е.

Таблица 14 – Значения показателей индекса напряжения и амплитуды моды в исходном состоянии и в процессе восстановления после пробы ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{откл.}$)

Показатель	Группа ФС	Исходное	Сразу после	1-я минута	2-я минута	3-я минута
ИН – индекс напряжения	низкое (I)	137,5±62 pII<0,05 PIII<0,05	910,6±1068 PIII<0,05	101,0±90 PIII<0,001	196,3±197 pII<0,05 PIII<0,001	273,6±161 pII<0,001 PIII<0,001
	среднее (II)	52,4±21 PIII<0,05 PIV<0,05	391,2±504 PIII<0,05	54,2±31 PIII<0,001 PIV<0,05	72,3±36 PIII<0,001 PIV<0,05	85,5±44 PIII<0,001 PIV<0,05
	высокое (III)	33,0±10 PIV<0,05	142,5±147	27,1±14 PIV<0,05	26,7±15 PIV<0,05	37,6±19 PIV<0,05
	очень высокое (IV)	13,1±5 PI<0,05	75,4±52	13,2±7 PI<0,05	13,2±6 PI<0,05	12,5±6 PI<0,05
АМо – амплитуда моды	низкое (I)	46,9±15,4 pII<0,05 PIII<0,05	54,2±33,3 PIII<0,05	36,0±12,6 PIII<0,05	47,3±22,3 pII<0,05 PIII<0,05	45,7±13 pII<0,05 PIII<0,05
	среднее (II)	26,4±4,9 PIV<0,05	48,0±20 PIV<0,05	25,1±9,6 PIV<0,05	30,6±8,9 PIV<0,05	32,9±8,6 PIV<0,05
	высокое (III)	24,9±8,3 PIV<0,05	34,9±13,4	19,1±5,9 PIV<0,05	18,0±6,2	23,4±9,7 PIV<0,05
	очень высокое (IV)	15,9±3,6 PI<0,05	30,4±11,9 PI<0,05	13,2±4,4 PI<0,05	14,4±4,9 PI<0,05	13,9±6,1 PI<0,05

Примечание: pI–IV – достоверность различий при сравнении значений между группами по уровню функционального состояния.

Значения показателя АМо у группы со средним ФС в исходном состоянии составляли 26,4%, а сразу после выполнения 20 приседаний данный показатель увеличился в значениях до 48%. В процессе восстановления, аналогично с показателем ИН, амплитуда моды у данной группы студентов постепенно снижается, однако на 3-й минуте так и не возвращается к исходным (32,9%). В целом у лиц со средним уровнем ФС характеризуются достоверно более меньшими значениями ИН и АМо, чем в группе с низким ФС.

Группы с высоким и очень высоким функциональным состоянием достоверно отличаются от других групп более высоким уровнем активности парасимпатического звена ВНС ($p_3-1,2,4<0,05$, $p_4-1,2,3<0,05$). Это заключение подтверждается значениями ИН – 13,1 у.е. и АМо – 15,9%, которые в покое находились на достоверно более низком уровне у группы с очень высоким ФС (приложение 1), в сравнении с тремя другими группами. В процессе восстановления после нагрузочной пробы у данной группы испытуемых наблюдается наиболее оптимальный тип динамики, проявляющийся в высокой скорости восстановления исходных значений индекса напряжения (приложение 1), а также амплитуды моды, которые на 3-й минуте опускаются даже ниже исходных. Группа с высоким ФС также характеризуется достаточно низкими значениями ИН в покое (33 у.е.), что указывает на высокую степень активности у них парасимпатического звена ВНС, а также проявлений экономизации в функционировании. Динамика изменения значений ИН у группы с высоким ФС схожая с остальными группами, однако, в отличие от группы с очень высоким ФС, для данной группы не было характерно возвращение исходных значений индекса напряжения после 3-х минут отдыха, что означает необходимость большего времени для восстановления после 20 приседаний у данной группы испытуемых.

В таблице 15 представлены данные показателей variability ритма сердца, групп испытуемых с различным ФС, которые характеризуют уровень активности ВНС, который демонстрировали испытуемые непосредственно перед выполнением пробы. Показатели SDNN и RMSSD, являясь маркерами активности автономного контура в регуляции СР [64], указывают нам на уровень проявления экономизации в покое. Так, достоверно наиболее высокими значениями этих показателей обладают лица, отнесенные к группам с высоким (SDNN – 71 мс; RMSSD – 58 мс) и очень высоким ФС (SDNN – 106 мс; RMSSD – 109 мс). У них отмечается выраженное преобладание парасимпатического отдела ВНС в регуляции СР.

Анализ волновой структуры ритма сердца является наиболее спорным в интерпретации, но и наиболее информативным для установления конкретных регуляторных механизмов, которые в текущий момент времени осуществляют контроль за вегетативными функциями в большей степени. Отмечаем достоверные различия значений общего спектра мощности (Total) у групп испытуемых с различным ФС: низкое – 1921 мс², среднее – 3816 мс², высокое – 4686 мс², очень высокое – 10292 мс². То есть, достоверно наиболее высоким уровнем суммарной активности нейрогуморальных

механизмов в управлении сердечным ритмом характеризовались испытуемые групп с высоким и очень высоким ФС.

Абсолютные значения волн различной частоты позволяют оценить мощность, которую вносят в вегетативную регуляцию волны конкретной частоты. Так, выделенные группы по функциональному состоянию характеризовались следующими абсолютными значениями волн различной частоты: низкое (HF – 264 мс², LF – 914 мс², VLF – 743 мс²), среднее (HF – 902 мс², LF – 1365 мс², VLF – 1549 мс²), высокое (HF – 1223 мс², LF – 1612 мс², VLF – 1851 мс²) и очень высокое (HF – 4226 мс², LF – 3458 мс², VLF – 2609 мс²). Таким образом, анализ абсолютных значений волн различной частоты показывает ту же тенденцию, что и значения показателя Total, дополняя данными об абсолютном вкладе конкретных регуляторных систем.

Таблица 15 – Значения показателей variability ритма сердца у групп с различным функциональным состоянием ($\bar{X} \pm S_{\text{откл.}}$)

Показатель	Низкое ФС (1)	Среднее ФС (2)	Высокое ФС (3)	Очень высокое ФС (4)
SDNN – стандартное отклонение N–N-интервалов от среднего значения	43±15 pII<0,05 PIII<0,05	65±11 PIV<0,05	71±13 PIV<0,05	106±10 PI<0,05
RMSSD	29±11 pII<0,05 PIII<0,05	52±20 PIV<0,05	58±17 PIV<0,05	109±24 PI<0,05
Total – общий спектр мощности	1921±1274 pII<0,05 PIII<0,05	3816±1313 PIII<0,05 PIV<0,05	4686±1367 PIV<0,05	10292±1707 PI<0,05
HF – высокочастотные волны	264±243 pII<0,05 PIII<0,05	902±626 PIII<0,05 PIV<0,05	1223±927 PIV<0,05	4226±1803 PI<0,05
LF – низкочастотные волны	914±655 P3<0,05	1365±707 PIV<0,05	1612±895 PIV<0,05	3458±1492 PI<0,05
VLF – очень низкочастотные волны	743±569 pII<0,05 PIII<0,05	1549±671 PIV<0,05	1851±827 PIV<0,05	2609±578 PI<0,05
%HF – высокочастотный процентный вклад	14±13 pII<0,05 PIII<0,05	24±18 PIV<0,05	26±20 PIV<0,05	41±17 PI<0,05
%LF – низкочастотный процентный вклад	47±34 pII<0,05 PIII<0,05	36±19	35±19	34±13 PI<0,05
%VLF – очень низкочастотный процентный вклад	39±29	40±16 PIV<0,05	39±15 PIV<0,05	25±5 PI<0,05
LF/HF – симпато-вагальный индекс	5±4,8 pII<0,05 PIII<0,05	2±1,3 PIV<0,05	1,9±1,1	1,2±1,3 PI<0,05

Примечание: pI–IV – достоверность различий при сравнении значений между группами по уровню функционального состояния.

Для более удобного рассмотрения вклада различных систем в регуляцию рассмотрим процентное соотношение волновых частот в общем спектре (рисунок 14). Так, у четырех групп испытуемых было выявлено следующее процентное соотношение волн: группа с низким ФС (HF – 14%, LF – 48%, VLF – 39%), со средним ФС (HF – 24%, LF – 36%, VLF – 41%), с высоким ФС (HF – 26%, LF – 34%, VLF – 40%), с очень высоким ФС (HF – 41%, LF – 33%, VLF – 26%). С ростом уровня функционального состояния наблюдается достоверное увеличение вклада волн высокой частоты (HF), что свидетельствует об усилении активности парасимпатического кардиоингибиторного центра продолговатого мозга [22]. Наибольший его процентный вклад зафиксирован в группе с очень высоким ФС – 41%. Также достаточно высокий его уровень отмечен в группе с высоким ФС – 26%, однако он все же достоверно более низкий, в сравнении с группой с очень высоким ФС ($p < 0,05$). А в группе с низким ФС отмечается наименьший процентный вклад высокочастотных волн в регуляцию сердечным ритмом – 14%. Напротив, низкочастотный компонент (LF) спектра мощности волн, от низкого до очень высокого ФС, имеет тенденцию к снижению. Наибольший процентный вклад %LF отмечен в группе с низким ФС – 47%, что указывает на значительный вклад в их регуляции вазомоторного центра продолговатого мозга. У группы с очень высоким уровнем ФС также отмечаются достаточно высокие значения %LF – 34%, однако они находятся на достоверно более низком уровне, чем в группе с низким функциональным состоянием ($p < 0,05$). Интересная особенность отмечается в уровне %VLF у выделенных по ФС групп: низкое ФС – 39%, среднее ФС – 40%, высокое ФС – 39%, очень высокое ФС – 25%. То есть во всех группах, кроме группы с очень высоким ФС, зафиксированы высокие значения %VLF, которые в двух из них являются ведущими волнами. Преобладание в регуляции данных очень низкочастотных волн свидетельствует о высокой активности симпатического ВНС (преимущественно надсегментарных отделов) [9, с. 24]. Также высокую активность очень низкочастотных волн связывают с гуморально-метаболическими влияниями [66, с. 42], которые только в группе с очень высоким ФС находились на оптимальном уровне, с позиции соотношения с другими частотами. То есть, по данным спектрального анализа сердечного ритма, наиболее оптимальным соотношением волн обладает группа с очень высоким ФС: HF>LF>VLF. У группы со средним и высоким ФС отмечается следующее соотношение волн: VLF>LF>HF, которое характеризуется преобладанием гуморально-метаболических влияний. И, наконец, у группы с низким функциональным состоянием отмечалось соотношение с преобладанием низкочастотных вазомоторных волн: LF>VLF>HF.

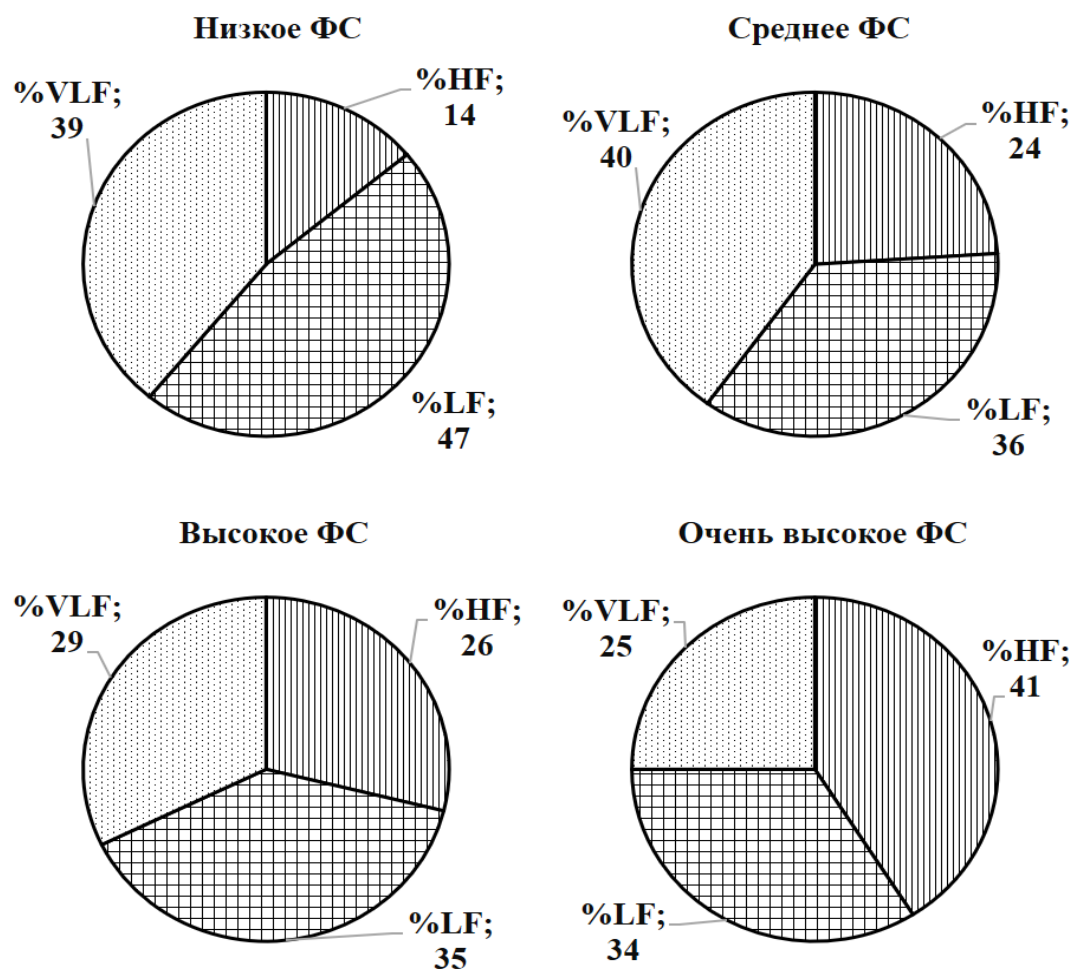


Рисунок 14 – Соотношение волн различной частоты в группах по уровню функционального состояния организма

Применительно к практике, в частности для спорта, по нашему мнению, наиболее подходящими являются группы с высоким и очень высоким функциональным состоянием. Такое заключение основывается на разработке Н.И. Шлык [97; 102] о четырех типах вегетативной регуляции. Мы склонны считать, что данные группы обладают нормальным состоянием функционирования синусового узла и отсутствием нарушений в вегетативном гомеостазе [102], обеспечивающем оптимальное регулирование организма и его адекватные адаптационные возможности. Отнесение испытуемого к одной из этих групп по ФС должно стать критерием отбора для занятий спортом в группах по повышению спортивного мастерства. Однако стоит отметить, что группа с очень высоким ФС, т.е. обладающая крайне низкими значениями показателя ИН ($13,1 \pm 5$), достоверно отличающимися от остальных групп, должна очень тонко дифференцироваться. Показано в [97], что при высокой активности вагуса, которая может развиваться из-за длительного поддержания высокой физической готовности, может повышаться риск внезапной смерти в состоянии покоя [103]. Поэтому обследованные нами студенты, активно занимающиеся спортом и отнесенные к группе

с очень высоким ФС, должны регулярно проходить медицинское обследование во избежание развития патологических состояний. Группа с высоким ФС с этой позиции обладает более «стабильным» вегетативным балансом, который в меньшей степени нуждается в тонкой дифференцировке. Однако данная группа характеризуется и более медленной скоростью восстановления после нагрузочной пробы, а также большей активностью симпатического отдела ВНС.

Пристальное внимание также необходимо обращать на студентов, отнесенных к группе с низким ФС. Эта группа характеризуется высокой активностью центрального контура и симпатического звена в регуляции вегетативных функций, а также, в большинстве своем, не оптимальным способом реагирующая и восстанавливающаяся после нагрузочной пробы. У данной группы вазомоторные и гуморально-метаболические влияния, выраженные в преобладании низкочастотных волн спектрального анализа, значительно преобладают над высокочастотными, что означает низкую парасимпатическую активность у испытуемых данной группы.

Дополнительная информация о ФС выделенных групп была получена при анализе гемодинамических показателей в исходном состоянии и их изменений в процессе восстановления. В таблице 16 представлены изменения значений гемодинамических показателей после выполнения пробы Мартине–Кушелевского.

Показатели ЧСС в исходном состоянии достоверно различаются у всех групп испытуемых. Наибольшей ЧСС характеризуется группа с низким ФС – 84 уд./мин. Напротив, значения артериального давления достоверно различается лишь между группой с низким – 123/83 мм рт. ст. и очень высоким ФС – 117/77 мм рт. ст. ($p < 0,05$). То есть исходная сила сердечного выброса не является высоковариабельной характеристикой в зависимости от уровня ФС, в отличие от частоты сердечных сокращений. Вместе с тем отмечаем более низкие значения ЧСС и АД у группы с очень высоким ФС, что раскрывает особенности эффективности функционирования ССС лиц с данным уровнем функционального состояния. Реактивность обоих показателей у всех групп испытуемых однонаправленна: увеличение значений после выполнения пробы и восстановление до исходных значений ко 2, 3-й минутам. Практически все 4 группы испытуемых демонстрировали восстановление показателей ЧСС и АД после выполнения нагрузочной пробы после 3-й минуты восстановления, чего не наблюдалось в показателях вариабельности сердечного ритма. Возможно, это связано с тем, что вегетативная регуляция сердечного ритма – более «чувствительный» и вариабельный механизм, которому необходимо еще некоторое время функционировать на более высоком уровне, преимущественно у лиц с низким ФС.

Таблица 16 – Значения показателей центральной гемодинамики у групп с различным функциональным состоянием в процессе восстановления после нагрузки (Хср.±Ст. откл.)

Показатель	Исходное состояние	После пробы	После 1-й минуты	После 2-х минут	После 3-х минут
Низкое функциональное состояние (1)					
ЧСС – частота сердечных сокр.	84±14 P3<0,001	**128±21 P3<0,05	90±20	87±18	86±17
АДс – систолическое	123±10	*139±12	*142±17	*131±12	128±10
АДд – диастолическое	83±2	85±6	86±8	81±7	79±8
ТСК – тип саморегуляции кровообращения	101±19 P3<0,05	**68±9 P3<0,05	99±22	96±14	*94±14
УОК – ударный объем крови	52±5 P3<0,05	*59±4 P3<0,05	*60±5	*59±5	*60±7
МОК (Л) – минутный объем кровообращения	4396±720	**7569±1312	**5298±954	*5047±751	*5055±737
Среднее функциональное состояние (2)					
ЧСС – частота сердечных сокр.	77±8 P3<0,001 P4<0,05	**120±11 P3<0,05 P4<0,05	*83±8	76±11	80±9
АДс – систолическое	126±10	**146±15	*137±16	131±13	125±12
АДд – диастолическое	82±7	81±9	*78±8	*78±8	*77±6
ТСК – тип саморегуляции кровообращения	106±11 P3<0,05 P4<0,05	**68±9 P3<0,05 P4<0,05	*95±11	103±14	*98±9
УОК – ударный объем крови	56±6	*67±10	*65±8	*63±6	*60±4
МОК (Л) – минутный объем кровообращения	4314±553 P4<0,05	**8044±1417 P4<0,05	*5432±893	4804±874	4783±616

Высокое функциональное состояние (3)					
ЧСС – частота сердечных сокр.	67±5 P4<0,05	**105±10	66±6	*64±5	*63±3
АДс – систолическое	124±8	**145±12	*134±14	*129±8	127±8
АДд – диастолическое	78±7	80±9	77±8	*76±6	78±10
ТСК – тип саморегуляции кровообращения	117±14	**76±9	117±13	119±10	123±14
УОК – ударный объем крови	59±8	*68±9	*66±6	*64±6	60±11
МОК (Л) – минутный объем кровообращения	3956±607	**7137±1108	*4324±462	4090±392	3792±672
Очень высокое функциональное состояние (4)					
ЧСС – частота сердечных сокр.	60±12 P1<0,05	**100±11 P1<0,05	*66±16	63±16	63±12
АДс – систолическое	117±7 P1<0,05	**135±7	126±7	122±6	121±4
АДд – диастолическое	77±2 P1<0,001	79±1 P1<0,05	78±4	73±8	73±8
ТСК – тип саморегуляции кровообращения	131±28 P1<0,05	*79±9 P1<0,05	*123±30	121±28	120±26
УОК – ударный объем крови	56±4	**64±4 P1<0,05	60±6	63±11	62±10
МОК (Л) – минутный объем кровообращения	3408±817 P1<0,05	**6450±1019	3923±869	3919±933	3880±831

Примечание: pI–IV – достоверность различий при сравнении значений между группами по уровню функционального состояния;
 ** достоверность различий между: исходное – после пробы, исходное – 2 мин, исходное – 3 мин, исходное – 5 мин. Значимость различий:
 *p<0,05, **p<0,001.

Увеличение частоты и силы сердечных сокращений приводит к закономерному увеличению такого интегрального показателя функционирования ССС, как минутный объем кровообращения. В исходном состоянии у обследованных студентов этот показатель различался в выделенных по ФС группах. Причем чем выше уровень функционального состояния, тем меньший минутный объем крови мы наблюдаем: низкое ФС – 4396 мл, среднее ФС – 4314 мл, высокое ФС – 3956 мл, очень высокое ФС – 3408 мл. Однако достоверные различия наблюдаются только при сравнении других групп с группой испытуемых с очень высоким ФС, у которой отмечаются наименьшие значения данного показателя. Эта особенность указывает на наиболее оптимальный с позиции экономизации уровень функционирования системы кровообращения у данной группы студентов. Процентный прирост значений МОК в ответ на дозированную физическую нагрузку оказался следующим: низкое ФС (+72%), среднее ФС (+85%), высокое ФС (+80%), очень высокое ФС (+89%). То есть студенты, отнесенные к группе с низким ФС, обладая исходно более высоким МОК, реагируют меньшим процентным увеличением, чем другие группы. Дальнейшая динамика МОК у всех групп испытуемых однонаправленна: постепенное восстановление до исходных значений. Однако стоит отметить, что единственная группа, у которой значения МОК вернулись к исходным и даже опустились ниже, – это группа с высоким ФС. Данная тенденция подтверждает адекватность и оптимальность функционирования ССС у лиц данной группы наряду с данными изменениями вегетативного баланса после пробы с физической нагрузкой.

Ударный объем крови – это количество крови, которое выбрасывает сердце за одно сокращение (систола). Адаптация к нагрузочной пробе, по большей части за счет увеличения УОК, а не увеличения ЧСС, свидетельствует о высоком адаптационном потенциале организма [21]. Наиболее высокими значениями УОК обладали испытуемые группы с высоким ФС: исходное – 59 мл, после пробы – 68 мл. Наименьший уровень ударного объема сердца показывают испытуемые, отнесенные к группе с низким ФС: исходное – 52 мл, после пробы – 59 мл. То есть у этих студентов кровообращение осуществляется по большей части за счет повышенной частоты сердечных сокращений, что не так эффективно, как через повышение УОК [21].

При сравнении исходных значений показателя ТСК отмечаем достоверные различия в значениях между четырьмя выделенными группами обследованных. Так, сердечно-сосудистым типом саморегуляции обладали студенты с низким и средним ФС, а сосудистым типом группы с высоким и очень высоким ФС. Анализ значений ТСК дает возможность оценить уровень напряжения в регуляции ССС. Изменение саморегуляции кровообращения в сторону преобладания сосудистого компонента свидетельствует о ее экономичности и повышении резервов ССС для обеспечения долговременной адаптации, а в сторону сердечного – о напряженности функционирования и обеспечении адаптации в изменяющихся условиях окружающей

среды, которые характеризуются действием возмущающих факторов [104]. Сердечно-сосудистый ТСК – тот, который демонстрируют группы с высоким и очень высоким ФС, – отражает наиболее оптимально сбалансированную саморегуляцию системы кровообращения [105].

Информация, полученная после анализа динамики показателей центральной гемодинамики в ответ на пробу Мартине–Кушелевского, указывает на нормотонический тип реакции всех групп испытуемых. Однако эта динамика выстраивается на разных уровнях, отражающих напряжение их регуляторных механизмов. Поэтому в нашем исследовании для дифференцировки студентов по уровню ФС первичен анализ variability ритма сердца: изменения вегетативного баланса после пробы, по которому мы находим достоверно различными механизмы восстановления выделенных групп.

Таким образом, проведена оценка и выявлены особенности функционального состояния организма студентов-первокурсников ФФК и С по данным динамики восстановления вегетативного баланса и параметров центральной гемодинамики после дозированной физической нагрузки. Исследованная группа студентов-первокурсников является не однородной и разнообразной по уровню функционального состояния. По данным спектрального анализа сердечного ритма, наиболее оптимальным соотношением волн обладает группа с очень высоким ФС: $HF > LF > VLF$, у трех оставшихся групп наблюдается преобладание низкочастотных волн в общем спектре, хотя отмечаем, что группа с высоким функциональным состоянием также близка вегетативному балансу. Характеристики центральной гемодинамики также свидетельствуют о наиболее оптимальном функционировании группы с высоким и очень высоким функциональным состоянием, что подтверждается наличием у них сердечно-сосудистого типа саморегуляции кровообращения. Для спортивного отбора, по нашему мнению, наиболее подходящими являются группы с высоким и очень высоким функциональным состоянием. Они характеризуются оптимальным типом реакции в ответ на нагрузочную пробу, а также скорость восстановления после нее. У них наблюдается вегетативный баланс с низкой частотой сердечных сокращений. Однако обращаем внимание на то, что группа с очень высоким функциональным состоянием характеризуется крайне высокой активностью парасимпатического звена ВНС, граничащей с патологическими состояниями, поэтому их ФС мы считаем неустойчивым и требующим контроля динамического контроля [106].

3.3 Функциональное состояние студенток УО «ВГАВМ» по данным восстановления вегетативного баланса после нагрузочной пробы с учетом выраженности типа поведения «А»

Уровень функционального состояния организма человека формируется рядом взаимодействующих между собой физиологических систем, активность которых направлена на поддержание гомеостаза и достижение приспособительного результата.

В настоящем исследовании для оценки функционального состояния студенток применялся способ оценки по данным динамики восстановления вегетативного баланса после дозированной физической нагрузки [98]. Мы оценивали три важнейших компонента, которые характеризуют функциональное состояние организма: уровень проявления экономизации в покое, способность к эффективной мобилизации ресурсов во время адаптации к изменяющимся условиям и скорость восстановления исходного состояния. Все эти характеристики оценивались нами по данным изменения вариабельности ритма сердца после пробы Мартине–Кушелевского, а именно показателя индекса напряженности. По мнению некоторых ученых, работающих с методом ВСР (Е.А. Гаврилова, Н.И. Шлык, Ю.Э. Питкевич), показатель ИН отражает степень активности симпатического отдела ВНС в управлении ритмом сердца, а также является маркером вегетативного баланса [66].

Особый интерес для исследований представляет собой тип поведения человека организма, который влияет на функциональное состояние организма и, наоборот, ФС зачастую определяет поведение человека.

Цель исследования – оценка уровня функционального состояния студенток УО «ВГАВМ» различных факультетов по данным восстановления вегетативного баланса после нагрузочной пробы, а также с учетом выраженности типа поведения «А».

Исследование проведено на базе УО «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». Всего обследовано 30 студенток. Средний возраст обследованных составлял $19 \pm 1,0$ год. Все студентки относились к основной медицинской группе и занимались физической культурой в рамках образовательного процесса 2 раза в неделю. Однако обследованные студентки относились к различным факультетам, которые характеризуются своей спецификой обучения. Одна часть студенток ($n=12$) являлась представителями биотехнологического факультета, у которых обучение связано с высоким уровнем умственной нагрузки, по сравнению с физической, а другая часть ($n=18$) представляла факультет ветеринарной медицины, где студентки находились в условиях более высокого уровня двигательной активности, связанной с работой с крупным рогатым скотом на фермах. Исследования проводились утром (с 8.00 до 10.00) в феврале 2020 года. По результатам диспансерных наблюдений все обследуемые были практически здоровыми и на момент исследования в течение ближайших месяцев не болели острыми респираторными и другими заболеваниями.

Тип поведения определяли с помощью опросника Д. Дженкинса в модификации А.А. Гоштаутаса, который включает в себя 61 вопрос с предложенными от 2-х до 5-ти вариантами ответов. За каждый вариант выставляется определенный балл, а их сумма отражает уровень выраженности типа поведения. До 335 баллов – тип А, от 336 до 459 баллов – тип АБ, от 460 и выше баллов – тип Б.

Функциональное состояние организма студенток оценивалось по данным восстановления вегетативного баланса после пробы с физической нагрузкой [98]. В качестве дозированной физической нагрузки использовалась проба Мартине–Кушелевского.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10. Для определения нормальности распределения применялся критерий Шапиро–Уилка. Для представления статистических данных с нормальным распределением использовались $\bar{X} \pm S_{\text{откл.}}$, а для ненормального распределения – значения медианы и 1, 3 квартилей (25%, 75%). Для определения уровня достоверности различий между испытуемыми различных факультетов применяли U-критерий Манна–Уитни (P_u), а в случае нормального распределения – t-критерий Стьюдента (P_t). Статистическая значимость различий между тремя группами по типу поведения определялась с помощью непараметрического критерия Краскела–Уоллиса.

На рисунке 3.2 представлено процентное распределение обследованных студенток факультета ветеринарной медицины по уровню функционального состояния.

Так, очень высокое ФС нами было выявлено у 11 % ($n=2$), высокое ФС – у 28% студенток ($n=5$), среднее – у 44% ($n=8$) и низкое ФС – у 17% ($n=3$). Такое распределение студенток факультета ветеринарной медицины мы считаем нормальным. Поскольку 39% испытуемых данного факультета характеризуется высоким уровнем проявления экономизации в покое и оптимальной кривой восстановления после дозированной физической нагрузки. Однако 17% показали высокую степень напряжения регуляторных механизмов, а именно выраженную активность симпатического звена ВНС в управлении сердечным ритмом и неоптимальный тип восстановления после предложенной нагрузки.

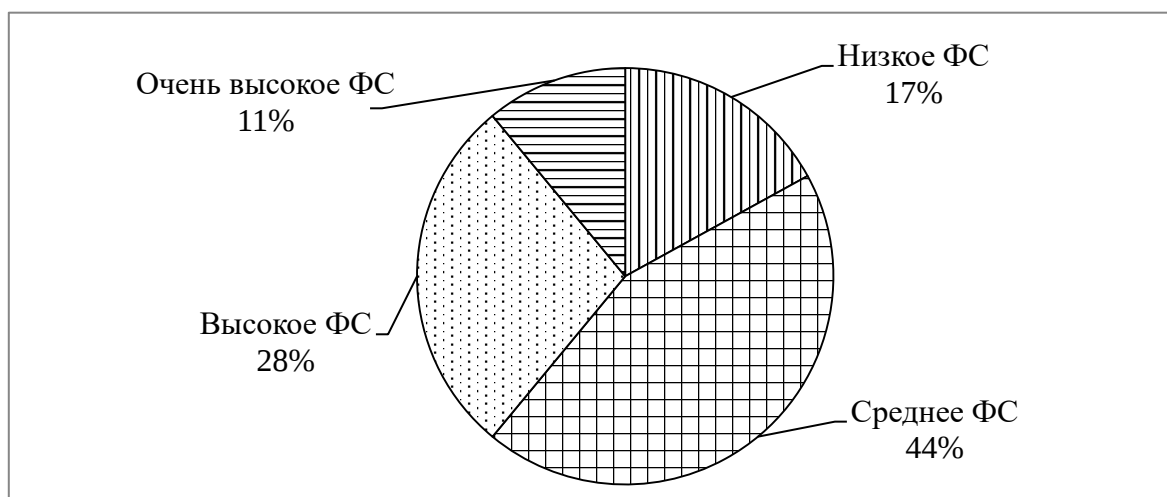


Рисунок 15 – Распределение обследованных студенток факультета ветеринарной медицины по уровню ФС

На рисунке 16 представлено процентное распределение обследованных студенток биотехнологического факультета по уровню функционального состояния.

Группа студенток биотехнологического факультета характеризуется более низкими показателями уровня функционального состояния, по сравнению с обследованными студентками факультета ветеринарной медицины. Лишь у 8% (n=1) мы наблюдали вегетативный баланс в состоянии покоя, оптимальную реакцию на пробу и процесс восстановления после нее. Половина из испытуемых этой группы, а именно 6 студенток, показали крайне высокие значения индекса напряжения в состоянии покоя (126 ± 63 у.е.) и гиперреактивность в ответ на пробу Мартине–Кушелевского (после пробы ИН – 1434 у.е.). На 4-й минуте восстановления после выполненной физической нагрузки 75% обследованных этой группы так и не вернулись к исходным значениям по показателю ИН.

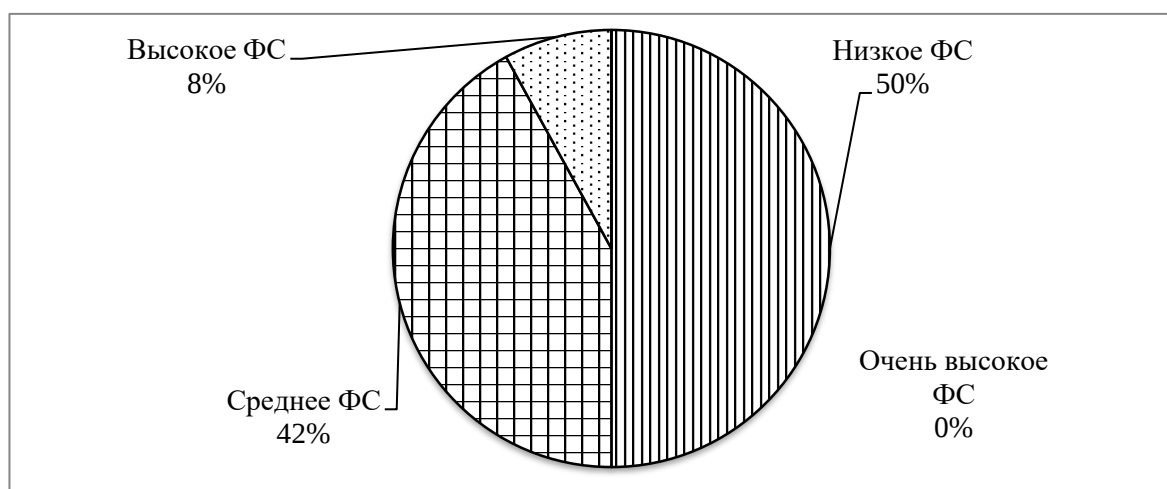


Рисунок 16 – Распределение обследованных студенток биотехнологического факультета по уровню ФС

Типы поведения А, В и АВ были описаны М. Фридманом и Р. Розенманом. Например, для личности типа А характерны повышенная жестикуляция, манера сжимать кулаки, громкий смех и т.д. [107]. Поведение этих людей отличается высоким уровнем активности, целеустремленности и напористости, они «идут до конца» даже если это стоит им чрезмерного напряжения. Они выделяются заметно выраженным стремлением к превосходству во всем чем бы не занимались. Особенности поведения данного типа, а также различные последствия, к которым приводит такое поведение, позволяют утверждать, что данный тип поведения связан с психоэмоциональным стрессом, дистрессом и, возможно, развитием в будущем патологии сердечно-сосудистой системы, и в связи с этим тип личности А называют коронарным [77; 108]. М. Фридман и Р. Розенман также выделили антагонистический вариант типу А – тип поведения Б. Внешне лица с типом Б отличаются спокойствием и неторопливостью в движениях, они рассудительны и активно сотрудничают с другими людьми. Поведение этих людей сводится к желанию являться «равным» для окружающих, а не быть лучше других [107]. Между двумя абсолютно разными типами выделен промежуточный поведенческий тип АВ.

Рассматривая тип поведения как один из факторов, влияющих на функциональное состояние организма, мы проанализировали соотношение типов поведения у студенток с двух различных по специфике обучения факультетов. Изучение типов поведения студенток биотехнологического факультета и факультета ветеринарной медицины показало, что в обоих из них преобладающим типом является промежуточный тип АВ, который составляет 58% и 59% соответственно (рисунок 17). Вероятно, промежуточный тип поведения является наиболее адаптивным, позволяющим эффективнее реализовать личностный потенциал. Однако следует отметить, что у студенток факультета ветеринарной медицины, где двигательная активность выше, выявлен больший процент респондентов с типом А, когда способность и желание постоянно двигаться формирует решительный и целеустремленный тип человека.

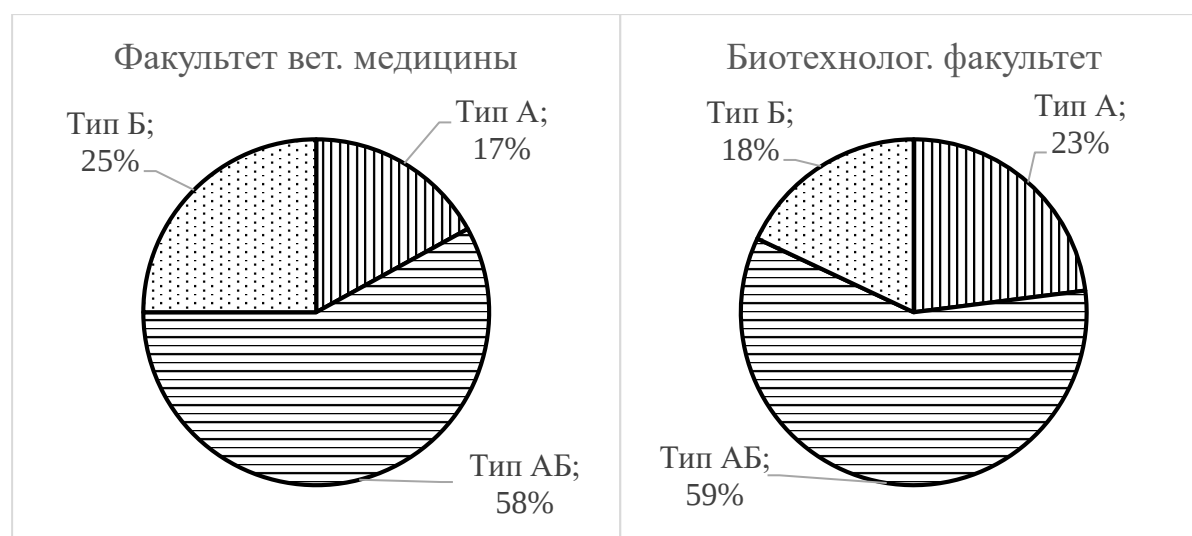


Рисунок 17 – Распределение студенток исследуемых групп по типам поведения

В таблице 17 приведены результаты по опроснику Д. Дженкинса в модификации А.А. Гоштаутаса, а также данные вариабельности сердечного ритма, которая характеризует вегетативный статус с позиции активности двух отделов вегетативной нервной системы. По среднему количеству баллов, набранных по итогам прохождения опросника для выявления типа поведения, не было найдено достоверных различий: факультет ветеринарной медицины – 407 баллов, биотехнологический – 416 баллов ($P_t=0,6585$). Вместе с тем такая небольшая разница по средним значениям набранных баллов выражается в большем количестве студенток с типом поведения А и меньшим с типом Б у представителей факультета ветеринарной медицины, по сравнению со студентками биотехнологического факультета.

Анализ данных ВСР позволил выявить достоверные различия в значениях исходных показателей у студенток факультетов с различным уровнем двигательной активности (таблица 17). Так, обследованные студентки факультета ветеринарной медицины продемонстрировали достоверно более высокие значения показателей SDNN и RMSSD в исходном состоянии, чем группа биотехнологического факультета. Данные различия по показателю SDNN свидетельствуют о большем суммарном эффекте вегетативной регуляции на синусовый узел [66, с. 35] у студенток факультета ветеринарной медицины. А по разнице в значениях RMSSD – о большем вкладе парасимпатического звена ВНС в регуляцию СР у студенток ветеринарного факультета, чем у биотехнологического.

Отдельно стоит отметить данные волновой структуры сердечного ритма, поскольку, являясь наиболее информативным анализом, он также наиболее спорен и сложен в интерпретации. Выявлены достоверные различия в абсолютных значениях высокочастотных, низкочастотных и очень низкочастотных волн у студенток различных факультетов. Так, у представителей биотехнологического факультета наблюдались следующие значения: HF – 349 мс^2 , LF – 652 мс^2 , VLF – 941 мс^2 , а у студенток факультета ветеринарной медицины они достоверно более высокие: HF – 637 мс^2 ($p<0,05$), LF – 1812 мс^2 ($p<0,05$), VLF – 2032 мс^2 ($p<0,05$). Данные различия выражаются и в значениях общего спектра мощности: биотехнологический факультет – 1942 мс^2 , факультет ветеринарной медицины – 4481 мс^2 . То есть в состоянии относительного покоя у студенток факультета с меньшим уровнем двигательной активности, обусловленной спецификой обучения, наблюдаются более низкие абсолютные значения волн всех частот, по сравнению со студентками факультета ветеринарной медицины.

Таблица 17 – Показатели вариабельности сердечного ритма студенток с различным уровнем двигательной активности и типом поведения в исходном состоянии

Показатель	Биотехнологический факультет	Факультет ветеринарной медицины	Достоверность различий между факультетами
Тип поведения (баллы)	416±53	407±53	Pt=0,6585
Health – интегральный показатель	53,9±18,7	78,8±16,2	Pt=0,0006
SDNN – стандартное отклонение N–N-интервалов от среднего значения	44,6±12,7	72±20,6	Pt=0,0003
RMSSD	37,6±13,4	43 (33,2; 55,5)	Pu=0,1768
Total – общий спектр мощности	1942±1111	4481 (2848; 5694)	Pu=0,0006
HF – высокочастотные волны	349 (183; 705)	637 (329; 1286)	Pu=0,0002
LF – низкочастотные волны	652±357	1812±1018	Pt=0,0008
VLF – очень низкочастотные волны	941±483	2032±991	Pt=0,0037
LF/HF – симпато-вагальный индекс	1,84±1,14	2,2 (1,4; 3,9)	Pu=0,4126
%HF – высокочастотный процентный вклад	18±11	14±8	Pt=0,0629
%LF – низкочастотный процентный вклад	34±19	41±28	Pt=0,0021
%VLF – очень низкочастотный процентный вклад	48±22	45±18	Pt=0,1063

Процентное соотношение волн различной частоты также имело некоторые особенности у студенток различных факультетов (таблица 17). У студенток биотехнологического факультета наблюдалось следующее соотношение: HF – 18%, LF – 34%, VLF – 48%, а у испытуемых факультета ветеринарной медицины следующее: HF – 14% (Pt=0,0629), LF – 41% (Pt=0,0021), VLF – 45% (Pt=0,1063). То есть у обеих групп в покое отмечается преобладание в спектре низкочастотных волн (VLF>LF>HF), в частности VLF-волн. В целом данное

соотношение указывает на доминирование в регуляции симпатического центра продолговатого мозга и, соответственно, угнетение парасимпатического кардиоингибиторного центра, а также высокие гуморально-метаболические требования, которые проявляются в доминировании %VLF. Однако, обследованные студентки факультета ветеринарной медицины имеют достоверно более высокие значения показателя Total (4481 мс^2), что свидетельствует о больших функциональных возможностях [66] организма студенток данной группы, по сравнению со студентками биотехнологического факультета.

В исходном состоянии у представителей факультета ветеринарной медицины отмечается значительный вклад низкочастотного компонента LF в общий спектр мощности (HF – 637 мс^2 ; LF – 1812 мс^2), который сочетается с высоким уровнем общего спектра мощности Total – 4481. Возможно, это связано с более высокой встречаемостью у них типа поведения А, который обуславливает целеустремленность и решительность, сочетающуюся с напряжением регуляторных механизмов.

Таким образом, проведена оценка функционального состояния студенток факультета ветеринарной медицины и биотехнологического факультета по данным восстановления вегетативного баланса после нагрузочной пробы, а также с учетом выраженности типа поведения А. У обеих обследованных групп в поведении преобладает тип АБ, однако интересующий нас тип А на 7% более распространен у студенток факультета ветеринарной медицины, которые характеризуются большим уровнем физической активности. Выявлены достоверные различия в значениях показателей вариабельности сердечного ритма у обследованных групп. У обеих групп в покое отмечается преобладание симпатических влияний в регуляции, однако по данным общего спектра мощности и динамики восстановления после пробы с физической нагрузкой студентки факультета ветеринарной медицины обладают большими функциональными возможностями, что сочетается с большей распространенностью у них типа поведения А. Группа студенток биотехнологического факультета, напротив, характеризуется более высокими значениями индекса напряжения в покое и чаще встречающейся неоптимальной кривой восстановления после выполненной пробы Мартине–Кушелевского [109; 110].

3.4 Связь вегетативной регуляции сердечного ритма с эффективностью поддержания постурального баланса спортсменов

В широком смысле вегетативная нервная система является одной из ведущих регуляторных систем организма. Она представляет собой совокупность центральных и периферических нервных структур, которые осуществляют регуляцию и контроль за функциональным уровнем организма, необходимым для оптимальной реакции всех его систем (Ноздрачев А.Д. 1983, Шлык Н.И. 2009) [67, с. 11]. В вышеизложенных данных описывается важность учета особенностей функционирования ВНС в исходном

состоянии и его изменений после пробы с физической нагрузкой, для получения объективных данных об уровне ФС организма. Представленным в разделе 3.4 материалом хочется дополнительно обосновать и еще раз подчеркнуть целесообразность исследования именно данного регуляторного звена, поскольку вегетативная регуляция может рассматриваться не только как маркер для оценки оптимальности функционирования организма после физической нагрузки, но и как крайне важное звено, которое необходимо для эффективного поддержания постурального баланса (ПБ). Данный факт, по нашему мнению, укрепляет позиции предлагаемого способа оценки ФС организма, так как способ основывается на исследовании вегетативной регуляции сердечного ритма и выделенные группы по уровню ФС могут рассматриваться еще и с позиции более высокого уровня постурального баланса. А постуральный баланс, являясь одним из видов координационных способностей, выступает в роли базового компонента, который необходим для выполнения практически всех двигательных действий, также как и вегетативная нервная система.

В настоящее время хорошо исследованы фундаментальные механизмы функционирования постуральной системы, которые связаны с ведущими сенсорными системами, а также процессами, обеспечивающими интеграцию поступающей афферентной информации и реализацию ответов с целью корректировки позных реакций [111]. Вместе с тем отмечается недостаточность исследований, посвященных связи показателей постурального баланса и особенностей функционирования вегетативной нервной системы.

В исследованиях по выявлению связей между постуральным балансом и функционированием вегетативной нервной системы установлена зависимость уровня поддержания ПБ и вариабельности сердечного ритма [111]. Как отмечает А.В. Ковалева (2018), если в состоянии относительного покоя у испытуемого выявлены парасимпатический тонус и высокая ВСР, то на стабильной платформе показываются более низкие результаты [112]. Однако имеются исследования, в которых отмечается и другая тенденция: увеличение активности симпатического звена ВНС сопровождается ухудшением постурального баланса, который характеризуется снижением показателя качества функции равновесия [113], что свидетельствует о противоречивости имеющихся данных и указывает на необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Вместе с тем современные исследовательские тенденции требуют все более холистического подхода к решению актуальных проблем. Несмотря на столь значительное продвижение в понимании механизмов функционирования постуральной системы, специалисты в данной области отмечают отсутствие единой концепции, которая объясняла бы развитие соматических и вегетативных реакций, создающих условия для эффективной постуральной устойчивости [114, с. 24; 115; 116].

С одной стороны, полученные данные расширяют имеющееся представление о функционировании постуральной системы, ее межсистемного

взаимодействия, а с другой – дадут возможность проведения раннего спортивного отбора в виды спорта с высокими требованиями к эффективности поддержания постуральной устойчивости. Кроме того, результаты подобных исследований откроют новые возможности для проведения коррекционных процедур, направленных на повышение уровня постурального баланса, а также других физиологических механизмов, обеспечивающих выполнение специфической двигательной деятельности. Вместе с тем полученные данные будут полезны и для обоснования целесообразности применения предлагаемого способа оценки ФС организма, поскольку вегетативная регуляция сердечного ритма, выступающая в данном способе как ведущее звено, может являться также важным компонентом обеспечения эффективного ПБ.

Цель исследования – изучение эффективности поддержания постурального баланса в вертикальной стойке у футболистов с учетом исходного типа вегетативной регуляции сердечного ритма.

В исследовании принял участие 51 спортсмен мужского пола, специализации футбол. Спортивная квалификация принявших участие в исследовании спортсменов: I разряд – КМС. Средний возраст спортсменов составлял $18,7 \pm 1$ год.

Исходный тип вегетативной регуляции сердечного ритма определялся на основе метода ВСР, с использованием 12-канального кардиографа «Полиспектр-8». В ходе исследования у футболистов регистрировались 200 кардиоинтервалов. Эффективность поддержания ПБ оценивалась в вертикальной стойке. Стойка поддерживалась в течение 55 секунд; в исследовании применяли стабиллоплатформу «ST-150».

Для оценки постурального баланса применялись следующие показатели: ОФР – оценка функции равновесия (баллы), L – длина статокинезиограммы (мм), V – скорость перемещения ЦД (мм/с), S – площадь статокинезиограммы с 95% доверительным интервалом (мм²), Dx, Dy – среднеквадратическое отклонение ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях (мм), Am – удельные энергозатраты на килограмм веса (мДж/кг) [117].

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10. Нормальность распределения данных проверялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Данные с нормальным распределением представлены в виде $\bar{X} \pm S_{ст. откл.}$, а с ненормальным, в виде медианы (Me) и центилей (25%, 75%). Для определения уровня достоверности различий применяли U-критерий Манна–Уитни (pu).

С целью анализа эффективности поддержания ПБ с учетом исходного типа вегетативной регуляции сердечного ритма все обследованные спортсмены были разделены на три группы. Разделение проводилось с использованием классификации Р.М. Баевского, которая учитывает значения индекса напряжения регуляторных систем. На основании нее были выделены следующие группы по типу вегетативной регуляции: ваготония – 29% ($ИН \leq 50$ усл. ед.), нормотония – 55% ($50 \leq ИН \leq 200$ усл. ед.), симпатикотония – 16% ($ИН \geq 200$ усл. ед.).

Интегральный показатель качества функции равновесия имел некоторые различия в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции. Так, наиболее высокие его значения отмечены в группе с ваготонией в регуляции – 128 баллов, а чуть более низкими значениями характеризуются футболисты с нормотоническим исходным вегетативным статусом – 126 баллов. Наиболее низкими значениями ОФР обладают футболисты с симпатикотонией в регуляции – 97 баллов.

Скорость перемещений центра давления различалась в зависимости от исходного типа вегетативной регуляции. Наименьшей скоростью перемещений центра давления характеризовались футболисты с ваготоническим типом – 6,4 мм/с, а чуть более высокий уровень зафиксирован в группе с нормотоническим типом – 6,6 мм/с. Значительно более высокие значения V отмечены в группе, у которой в регуляции сердечным ритмом преобладают симпатические влияния, – 8,3 мм/с. То есть группа с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции характеризуется более напряженным функционированием постуральной системы, который выражается в необходимости более часто корректировать вертикальную позу с целью недопущения падения.

Таблица 18 – Стабилометрические показатели у групп по исходному вегетативному статусу

Показатель	Симпатикотония	Нормотония	Ваготония
ОФР – оценка функции равновесия, (баллы)	97 [89; 120]	126 [102; 150]	128 [101; 146]
L – длина траектории, (мм)	437 [337; 522]	352 [270; 425]	338 [271; 455]
V – скорость, (мм/с)	8,3 [6,4; 9,8]	6,6 [5,2; 8,1]	6,4 [5,2; 8,6]
S – площадь статокинез., (мм ²)	176* [109; 192]	95 [59; 125]	82* [27; 111]
Dx – среднекв. ЦД относительно X, (мм)	2,9 [2; 3,5]	2,1 [1,6; 3,1]	2 [1; 2,4]
Dy – среднекв. ЦД относительно Y, (мм)	4,5*# [4; 5,2]	3,2# [2,8; 4,2]	2,9* [2,2; 3,8]
Длина эллипса, (мм)	11,9* [7,9; 13,7]	8,5 [6,6; 11,1]	7,8* [4,5; 9,9]
Ширина эллипса, (мм)	16,7* [14,8; 20,6]	13,1 [11; 16,6]	11,3* [8,6; 15]
Отношение длины статокинезиограммы к ее площади	2,7* [1,9; 4,1]	4 [3; 5,4]	5,4* [3,6; 10,2]
Am – работа без учета массы, (мДж/кг)	39 [23; 54]	23 [14; 39]	22 [16; 45]

Примечание: * – достоверность различий между симпатик.-ваготонией ($p < 0,05$); # – достоверность различий между симпатик.-нормотон. ($p < 0,05$); & – достоверность различий между ваготонией.-нормотон. ($p < 0,05$).

В выделенных группах выявлены различия в значениях показателя площади перемещений центра давления при поддержании постурального баланса в вертикальной стойке. В группе спортсменов с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции значения показателя S составляли 176 мм^2 и были выше, чем в группе с нормотоническим типом – 95 мм^2 и в группе с ваготоническим типом – 82 мм^2 ($p < 0,05$). Большие различия в величине колебаний между группами наблюдались в сагиттальной плоскости, что подтверждается значениями показателя среднеквадратического отклонения центра давления в передне-заднем направлении, где наиболее высокими значениями характеризуются спортсмены, отнесенные к группе с симпатикотонией – $4,5 \text{ мм}$, а у представителей двух других групп отмечаются достоверно более низкие значения данного показателя: нормотония – $3,2 \text{ мм}$ ($p < 0,05$), ваготония – $2,9 \text{ мм}$ ($p < 0,05$).

При поддержании постурального баланса в вертикальной стойке также наблюдаются различия в значениях отношения длины статокнезиограммы к ее площади: в группе с преобладанием активности парасимпатического отдела ВНС данный показатель составлял $5,4$ и достоверно отличался от группы с симпатикотонией в управлении – $2,7$ ($p < 0,05$) и нормотонией – 4 . То есть футболисты, отнесенные по данным вегетативной регуляции сердечного ритма к группе с ваготонией, характеризуются более высоким уровнем поддержания постурального баланса в вертикальной стойке за счет большей длины перемещений центра давления и меньшей его площади.

Таким образом, группа спортсменов-футболистов, к которой отнесены лица с преобладанием парасимпатических влияний и автономного контура в регуляции сердечным ритмом, выделяются большей эффективностью при поддержании постурального баланса в вертикальной стойке. Полученные данные, с одной стороны, расширяют имеющиеся представления о функционировании постуральной системы, а также могут быть использованы для повышения эффективности тренировочного процесса. С другой стороны, подчеркивается, что для оптимального функционирования организма необходимо преобладание в регуляции парасимпатических влияний, которые связаны даже с эффективностью поддержания позы. В этом смысле предлагаемый способ базируется на тезисе о сочетании высокого уровня функционального состояния организма с высокой активностью автономного контура в регуляции вегетативными функциями. Это видится весьма целесообразным, поскольку даже для столь базовой функции, как поддержание позы, оптимальным исходным уровнем является преобладание ваготонии, не говоря уже про сложную двигательную деятельность.

Глава 4

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

4.1 Функциональная готовность организма спортсменов к успешному выступлению на соревнованиях

Актуальность разработки и внедрения в практику способов оценки функциональной готовности (ФГ) организма спортсмена обусловлена реалиями, складывающимися в мире спорта высших достижений. Не секрет, что сегодня очень трудно конкурировать на международной арене без должного медико-биологического сопровождения. Однако для большинства спортсменов, в том числе высокого уровня, научный подход с точки зрения объективной информации о текущей функциональной готовности его организма по каким-то причинам остается недоступным. Как следствие, тренировочные занятия проводятся без объективной информации о состоянии его организма, выполняется один тренировочный план для всех занимающихся [97], который не учитывает его настоящей готовности к такой физической работе, что в дальнейшем может приводить к перетренированности, травмам и, соответственно, отрицательному спортивному результату.

Термин «функциональная готовность спортсмена» введен относительно недавно. Так, П.А. Фомкин и соавт. [118] понимают под функциональной готовностью спортсмена готовность функциональных систем организма спортсмена к реализации максимальных спортивных результатов на учебно-тренировочных сборах, способствующих выведению на пик спортивной формы к соревнованиям. Автор предлагает использование большого количества методик, которые помогут объективно оценить текущую функциональную готовность организма спортсмена. Целью разрабатываемого нами способа является динамический контроль за ФГ организма спортсмена. Поэтому его основными характеристиками должны стать минимальные затраты времени в связи с плотным тренировочным графиком спортсменов, а также сохранение высокого уровня объективности и информативности получаемых результатов.

Для оценки функциональной готовности организма спортсменов к соревнованиям мы предлагаем использовать две методики, основанные на методах исследования вариабельности ритма сердца (функциональное состояние): анализ вегетативного баланса при выполнении простых функциональных проб и два опросника (теста), оценивающих уровни мотивации и тревожности (психологическая готовность).

Функциональное состояние оценивается по следующим данным:

- 1) Активная ортостатическая проба [97; 119].
- 2) Способ оценки ФС организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки [98; 99].

Психологическая готовность оценивается с помощью методик:

- 1) Опросник Спилбергера (интегративный тест тревожности) по шкалам «Ситуативная тревожность» и «Личностная тревожность».
- 2) Опросник «Шкала спортивной мотивации» [120].

Регистрация электрокардиограммы при проведении функциональных проб осуществляется в I стандартном отведении (соответствует международным стандартам). На первом этапе применяется классический вариант ортостатической пробы [97]. Непрерывно регистрируется 300 кардиоинтервалов лежа (фон) и 300 КИ стоя (ортостаз). Прежде чем приступить к записи ЭКГ, испытуемый находится в положении лежа 10 минут для адаптации к исходному положению и условиям комнаты.

На втором этапе применяется разработанный нами способ оценки ФС организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки [98]. В качестве дозированной физической нагрузки применяется проба Мартине–Кушелевского. В положении испытуемого сидя регистрируется ЭКГ. После выполняется 20 приседаний за 30 сек, сразу по окончании которых регистрируется ЭКГ в положении сидя. Таким образом, фиксируется процесс восстановления по данным изменения вариабельности сердечного ритма. Полученная информация обрабатывается методами математической статистики.

Основываясь на концепции Р.М. Баевского и А.П. Бересневой о сердечно-сосудистой системе как индикаторе адаптивных реакций всего организма, считаем, что для объективной оценки ФС организма достаточно выявить уровень функционирования сердечно-сосудистой системы и степень напряжения регуляторных систем. Также Р.М. Баевский (1997) утверждал, что отклонения, возникающие в регуляторных системах, задолго предшествуют энергетическим, метаболическим, функциональным нарушениям органов и систем. Т.е. исследуя реакцию вегетативной нервной системы по данным ВСР на относительно простые функциональные пробы, мы исключаем перенапряжение и дезадаптацию в ведущем регуляторном звене. Такой контроль готовности спортсмена позволит нам определять его текущую спортивную «форму», выявлять ранние признаки физического перенапряжения и состояния перетренированности.

В таблице 1 схематично представлена модель способа оценки ФГ спортсмена. В основе одного из компонентов, а именно оценки ФС, лежит метод исследования вариабельности сердечного ритма (ВСР). Показатели ВСР оцениваются в покое и с проведением двух широко применяемых и простых в проведении функциональных проб.

Первая – это активная ортостатическая проба. По ее результатам мы оцениваем эффективность адаптационных процессов, активирующихся в организме при переходе из положения лежа в положение стоя. В норме переход в вертикальное положение тела усиливает влияние центрального контура регуляции и симпатического отдела ВНС в управлении сердечным ритмом (в допустимых пределах) [97]. Однако спортсмены, даже с ранними признаками переутомления, не говоря уже о перетренированности и развитии патологических состояний, зачастую показывают парадоксальные реакции на ортостаз: выраженное включение автономного или центрального контуров регуляции в покое, резкое снижение $SI < 10$ усл. ед. при резком увеличении значений Dx , парадоксальный вариант реакции на ортостаз [97; 119]. Выявление данных отклонений в различные периоды тренировочного процесса позволит скорректировать учебно-тренировочный процесс таким образом, чтобы не допустить развития патологических состояний и травм у спортсмена.

Вторая заключается в проведении пробы Мартине–Кушелевского с оценкой изменения вегетативного баланса после нее. Оценка вегетативного баланса осуществляется по данным показателя индекса напряжения регуляторных систем или стресс-индекса SI . Рассчитывается он по формуле: $AMo / 2 * dX * Mo$. По мнению некоторых ученых, работающих с методом ВСР (Е.А. Гаврилова, Н.И. Шлык, Ю.Э. Питкевич), показатель ИН отражает степень централизации управления сердечным ритмом [64; 82]. Чем больше величина ИН, тем выше активность симпатического отдела и степень централизации управления сердечным ритмом. При оптимальном регулировании управление происходит с минимальным участием высших уровней. Известно, что система с преобладанием автономных связей в силу независимости ее элементов отличается большей пластичностью, что облегчает ее приспособление к условиям спортивной деятельности [18; 97]. При неоптимальном управлении необходимы активация все более высоких его уровней и напряжение систем регуляции. Данная характеристика оценивается в покое и в процессе восстановления после пробы Мартине–Кушелевского. Эти данные позволяют нам оценить важную составляющую функциональной готовности организма спортсмена – скорость восстановления после физической нагрузки. Динамический контроль за скоростью восстановления после физической нагрузки позволит отслеживать эффективность функционирования систем, обеспечивающих приспособление в условиях выполнения нагрузок. При снижении скорости восстановления после простой нагрузочной пробы мы можем рекомендовать спортсмену и его тренеру коррекцию учебно-тренировочного плана с увеличением количества дней отдыха и мероприятий, направленных на восстановление организма. Напротив, повышение скорости восстановления и более оптимальная динамика ИН после пробы могут расцениваться как положительная тенденция.

Оценка психологической готовности спортсмена к соревнованиям проводится с использованием двух методик: опросник Спилбергера, опросник «Шкала спортивной мотивации» [120].



Рисунок 18 – Схема предлагаемого способа оценки функциональной готовности спортсмена

Опросник Спилбергера в данной модели выступает как способ оценки уровня тревожности в настоящий момент (реактивная тревожность как состояние) и личностной тревожности (как устойчивая характеристика человека). Сопоставление результатов по обеим подшкалам дает возможность оценивать индивидуальную значимость стрессовой ситуации для спортсмена. Показано в [72], что наиболее выраженные изменения, которые индицируют о положительной психологической готовности, наблюдаются в динамике эмоционального компонента, значения которого к предсоревновательному периоду приближались к максимальным. Таким образом, оценивая степень изменения тревожности спортсмена при приближении к соревнованиям, мы даем характеристику важному психологическому компоненту его готовности. Важно, чтобы данные характеристики оценивались динамически при подведении к соревнованиям и заранее выявленный неоптимальный уровень тревожности был вовремя скорректирован с целью успешного выступления на соревнованиях.

Для оценки мотивации спортсмена, которая является крайне важным фактором, детерминирующим его работоспособность, профессиональный рост и результативность на соревнованиях, предлагается применять опросник «Шкала спортивной мотивации» [120; 122]. Данный опросник был разработан канадскими учеными во главе с ведущим специалистом в области изучения мотивации Р.Дж. Валлерандом. Впервые переведен на русский язык и адаптирован на выборке профессиональных спортсменов в 2012 году [120]. Данная адаптация и используется нами в исследовании. Она представляет собой семикомпонентный подход к оценке мотивации: мотив узнавания нового, потребность в совершенствовании собственных навыков и достижении успеха, получение положительных эмоций, смещение цели, обострение чувства долга, потребность в социальном одобрении, демотивация. Показано в [121], что наибольшее влияние на результативность оказывает потребностно-мотивационный компонент, соответственно, его оценка с использованием опросника «Шкала спортивной мотивации» позволит объективно проследить и скорректировать его динамику при подведении к соревновательному периоду.

Представленная теоретическая модель способа будет применяться в качестве способа динамического контроля за функциональной готовностью спортсменов, эффективностью учебно-тренировочного процесса и рациональностью построения тренировочных циклов при подготовке спортсмена к соревнованиям. Преимуществами данного способа являются высокая информативность полученных результатов и небольшие временные затраты. За 15 минут будет оценено: вегетативный баланс и его реактивность в ответ на ортостаз, скорость восстановления после дозированной физической нагрузки, эмоциональный и потребностно-мотивационный компонент психологической готовности к соревнованиям, а также уровень тревожности, который может выступать важным маркером психологического состояния спортсмена [123].

4.1.1 Сравнительный анализ функциональной готовности организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Оценка и контроль уровня ФГ организма спортсменов в период учебно-тренировочных занятий является важнейшим современным аспектом подготовки спортсмена. По мнению специалистов спортивной медицины, сегодня для подготовки высококвалифицированного спортсмена необходим интегральный подход, который будет затрагивать все сферы человеческой деятельности. Реализуя данный подход, детально описанный в разделе 4.1, был проведен сравнительный анализ функциональной готовности организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, с целью его апробации и обоснования эффективности при практическом использовании. В настоящем исследовании был использован только один компонент представленного способа оценки ФГ, поскольку не имеет смысла оценивать уровень спортивной мотивации у лиц, не имеющих отношения к спорту.

Цель исследования – оценка и выявление особенностей функциональной готовности организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, по данным изменения вариабельности ритма сердца в ответ на ортостатическую пробу и пробу Мартине–Кушелевского.

В настоящем исследовании проводилась оценка ФГ организма групп спортсменов и лиц, не занимающихся спортом (контрольная группа). Обследовано 7 спортсменов (средний возраст – 19 ± 1 год), занимающихся легкой атлетикой и имеющих спортивные разряды (I разряд – 2 человека, КМС – 4, МС – 1), и 16 студентов Витебского государственного университета имени П.М. Машерова, которые не занимаются спортом и не имеют спортивных разрядов (средний возраст – 20 ± 1 год). До проведения исследования все испытуемые были проинформированы о ходе обследования и дали свое согласие на участие.

В начале изучалась реактивность вегетативной нервной системы на ортостатическую пробу. Применялся классический вариант пробы: непрерывно регистрировалось 300 КИ лежа (фон) и 300 КИ стоя (ортостаз). Прежде чем приступить к записи кардиоинтервалограммы испытуемый находился в положении лежа 10 минут для адаптации к исходному положению и условиям комнаты.

Далее оценивалось ФС организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после пробы Мартине–Кушелевского [98]. Испытуемый садился на стул и у него фиксировалась исходная КИГ. Затем испытуемый вставал со стула и выполнял пробу 20 приседаний за 30 секунд. После приседаний испытуемый сразу садился на стул и у него регистрировался процесс восстановления по той же методике. Оценка вегетативного баланса осуществлялась по данным индекса напряжения регуляторных систем.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» и Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения

полученных данных определялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Достоверность различий между исходными показателями и после выполнения пробы определяли с помощью W-критерия Уилкоксона. Для выявления уровня достоверности различий между группами спортсменов и контроля использовали U-критерий Манна–Уитни.

Функциональную готовность организма в данном исследовании оценивали с использованием двух методик: оценка реактивности ВНС в ответ на ортостатическое тестирование, а также анализ кривой восстановления вегетативного баланса после функциональной пробы Мартине–Кушелевского. Проведение этих проб позволяет оценивать уровень проявления экономизации функционирования в покое, эффективность мобилизации функциональных резервов организма при переходе в положение стоя, а также на дозированную физическую нагрузку. Также принципиально важными компонентами, которые оцениваются после выполнения пробы Мартине–Кушелевского, являются скорость и динамика восстановления исходного вегетативного баланса. Эти компоненты Е.А. Гаврилова называет важнейшими составляющими для оценки адекватности приспособительных реакций организма к условиям спортивной деятельности [64].

Информация о ФГ после ортостатической пробы. Проведение ортостатической пробы позволило выявить достоверные различия в значениях показателей ВСР как в положении лежа, так и после перехода в положение стоя у групп спортсменов и контроля (таблица 19).

Показатели, рост которых отражает усиление парасимпатических влияний, в группе спортсменов в положении лежа имели следующие значения: SDNN – 87 мс, RMSSD – 104 мс, HF – 4365 мс², Total – 7571 мс². Напротив, показатели, определяющие рост симпатических влияний, характеризовались низкими значениями в положении лежа: ЧСС – 56 уд./мин, ИН – 29 у.е., LF – 1629 мс², VLF – 1577 мс², LF/HF – 0,4. В ответ на переход в положение стоя группа спортсменов отличалась оптимальным уровнем снижения значений интегрального показателя Н, а также уменьшением значений показателей, характеризующих активность парасимпатического отдела ВНС: ↓ SDNN – 64 мс, ↓ RMSSD – 42 мс, ↓ HF – 570 мс², ↓ Total – 4229 мс². Напротив, у той же группы значения показателей, являющихся маркерами активности симпатической нервной системы, после перехода в вертикальное положение достоверно увеличивались, указывая на возрастание влияния симпатического отдела ВНС на регуляцию СР: ↑ ЧСС – 80 уд./мин (p<0,001), ↑ ИН – 87 у.е. (p<0,05), ↑ LF – 1828 мс² (p<0,05), ↑ VLF – 1831 мс², ↑ LF/HF – 5 (p<0,05).

Таблица 19 – Данные показателей вариабельности ритма сердца в исходном состоянии и после проведения ортостатической пробы у спортсменов и контрольной группы ($\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{откл.}}$)

Показатель	Спортсмены (1)		Контроль (2)	
	лежа	стоя	лежа	стоя
ЧСС – частота сердечных сокращений	56±4 pII<0,05	**80±15 pII<0,05	70±14 pI<0,05	**90±10 pI<0,05
H – интегральный показатель	90±10 pII<0,05	*72±17 pII<0,05	66±23 pI<0,05	*53±21 pI<0,05
ИН – индекс напряжения	29±15 pII<0,05	*87±60	110±113 pI<0,05	159±123
SDNN – стандартное отклонение N–N-интервалов от среднего значения	87±24 pII<0,05	64±25	57±26 pI<0,05	49±22
RMSSD	104±34 pII<0,05	*42±23	56±33 pI<0,05	*34±29
HF – высокочастотные волны	4365±2604 pII<0,05	*570±598	1607±1825 pI<0,05	567±1482
LF – низкочастотные волны	1629±808 pII<0,05	*1828±1564 pII<0,05	830±573 pI<0,05	779±702 pI<0,05
VLF – очень низкочастотные волны	1577±934	1831±1435	1055±994	1262±1063
Total – общий спектр мощности	7571±4190 pII<0,05	4229±3305	3493±3043 pI<0,05	2607±2665
LF/HF – симпато-вагальный индекс	0,4±0,1	*5,0±3,3	1,9±4,1	*6,0±5,3

Примечание: pI–II – достоверность различий при сравнении значений между группами: лежа-лежа, стоя-стоя; * – достоверность различий в группе между: лежа-стоя; значимость различий: *p<0,05, **p<0,001.

В положении лежа большинство рассматриваемых в таблице 18 показателей ВСР достоверно различались в контрольной группе, по сравнению со спортсменами. Так, в положении лежа у группы контроля наблюдались следующие значения: RMSSD – 56 мс (p<0,05), HF – 1607 мс² (p<0,05), Total – 3493 мс² (p<0,05), ЧСС – 70 уд./мин (p<0,05), ИН – 110 у.е. (p<0,05), LF – 830 мс² (p<0,05), LF/HF – 1,9 (p<0,05). После перехода в вертикальное положение тела у группы лиц, не занимающихся спортом, выявлена та же тенденция изменений показателей ВСР, но в большинстве случаев – в меньшей процентной степени (таблица 19). Например, показатель SDNN, отражающий общую ВСР [66], характеризовался снижением средних значений на 23% у спортсменов и на 8% у здоровых добровольцев. Интересна реакция показателя RMSSD, которую можно рассматривать как индикатор активности автономного контура в регуляции сердечного ритма [66]. Так, после перехода в положение стоя

его средние значения снизились у группы спортсменов на 58%, а у второй группы лиц, не занимающихся спортом, – на 39%. Если рассматривать изменения показателя RMSSD не в средних, групповых значениях, а индивидуально, то все 7 спортсменов показывают снижение его уровня после перехода в вертикальное положение. Напротив, у группы лиц, не занимающихся спортом, мы отметили увеличение значений RMSSD (у 4-х испытуемых), что является неадекватной реакцией на данную пробу. Также отмечаем однонаправленность изменений спектральных характеристик ритма сердца у группы спортсменов и контроля, однако эти изменения у лиц, не занимающихся спортом, строятся в более низком диапазоне значений: Total – 2607 мс², HF – 567 мс², LF – 779 мс² ($p < 0,05$), VLF – 1262 мс².

Таким образом, по данным реактивности ВНС на ортостаз у группы спортсменов наблюдается более оптимальная направленность изменений, поскольку у всех обследованных спортсменов в вертикальной стойке, по сравнению с положением лежа, отмечено снижение значений показателей, характеризующих активность парасимпатического отдела ВНС. Напротив, у группы лиц, не занимающихся спортом, выделяется часть представителей, которые демонстрировали обратную тенденцию, что является неоптимальным типом реакции.

Проба Мартине–Кушелевского является пробой с дозированной физической нагрузкой, выполнение которой вызывает в организме испытуемого активацию различных адаптационных механизмов. Анализ скорости и динамики восстановления исходного состояния после данной пробы позволяет нам оценивать эффективность работы данных механизмов в условиях, характерных для спортивной деятельности.

Для получения информации о ФС организма двух групп испытуемых, которая является ведущей при заключении о функциональной готовности, использовались показатели, отраженные в таблице 20. По формуле: $A_{Mo} / 2 * dX * Mo$ рассчитывался индекс напряжения. По его исходному значению, направленности и степени изменения в ответ на пробу, а также скорости восстановления до исходных значений оценивался уровень функционального состояния организма.

Таблица 20 – Данные показателей variability ритма сердца в процессе восстановления после дозированной физической нагрузки ($\bar{X}_{ср.} \pm S_{ср.}$ откл.)

Показатель	Группы	Динамика показателей				
		исходное	сразу после	1-я минута	2-я минута	3-я минута
ИН – индекс напряжения	спортсмены	*22±10	160±221	*25±21	*25±18	*24±10
	контроль	*109±107	496±663	*122±96	*177±187	*156±107
Dx – вариационный размах	спортсмены	**553±129	261±109	**581±164	*449±105	**431±63
	контроль	**327±116	197±111	**308±106	*267±123	**256±90
Mo – мода	спортсмены	**1005±52	*680±162	*758±120	**1006±205	**977±111
	контроль	**734±105	*558±119	*590±91	**667±72	**684±86
Амо – амплитуда моды	спортсмены	*22±7	*30±11	*18±10	*18±6	*20±9
	контроль	*37±16	*51±21	*34±12	*41±22	*44±17

Примечание: * – достоверность различий между значениями показателей исх.-исх., 1 мин-1 мин и т.д. у групп спортсменов и контрольной группы (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$).

В контрольной группе отмечается следующее соотношение групп по уровню ФС: очень высокое ФС – 0%, высокое ФС – 19%, среднее ФС – 44%, низкое ФС – 37%. У спортсменов мы выделили всего 2 группы функциональных состояний: очень высокое ФС – 43%, высокое ФС – 57%.

Значения индекса напряжения после выполнения пробы с физической нагрузкой у обеих групп испытуемых имеют схожую тенденцию, но их изменения протекают в разных диапазонах значений. У группы спортсменов на фоне изначально низких значений ИН – 22 у.е., сразу после пробы его значения повышаются до 160 у.е. И уже после 1-й минуты восстановления возвращаются к исходным – 25 у.е., после 2-х минут – 25 у.е., после 3-х минут – 24 у.е. У контрольной группы нами зафиксированы достоверно более высокие значения ИН – 109 у.е. ($p < 0,05$). Их реакция ВНС на выполнение пробы Мартине–Кушелевского выразилась в увеличении ИН до 496 у.е. Процесс восстановления у лиц, не занимающихся спортом, характеризуется следующими средними значениями ИН, которые оказались достоверно более высокими, чем у спортсменов: после 1-й минуты – 122 у.е. ($p < 0,05$), после 2-х минут – 177 у.е. ($p < 0,05$) и после 3-х минут – 156 у.е. ($p < 0,05$). Анализ динамики показателей после выполнения пробы (таблица 20) позволяет заключить, что группа спортсменов характеризуется преобладанием парасимпатического отдела ВНС, а также автономного контура в регуляции сердечным ритмом. Лица, не имеющие отношения к спорту, в среднем по группе испытуемых показывали доминирование симпатического звена ВНС в регуляции как в исходном состоянии, так и в процессе восстановления. Если спортсмены восстановили исходное вегетативное состояние уже после 1–2-х минут отдыха, то контрольная группа испытуемых после 3-х минут отдыха так и не восстановилась, по данным индекса напряжения.

Показано в [102], что состояние выраженного напряжения регуляторных систем, которое характерно в среднем для испытуемых группы контроля, ведет к уменьшению регуляторно-адаптивных возможностей организма. Это напряжение проявляется в исходном состоянии, парадоксальном типе реакции на пробу, а также в невозможности восстановить исходный вегетативный баланс за 3 минуты восстановления и свидетельствует о сниженном ФС. Возможность быстро восстанавливаться после физической нагрузки является ведущим критерием, обуславливающим эффективность как учебно-тренировочного процесса, так и выступления на соревнованиях. С практической точки зрения более высокая скорость восстановления, которая была характерна для группы спортсменов, есть важный элемент тренировочного процесса, который позволяет выполнять больший объем тренировочной нагрузки и, соответственно, повышать функциональные возможности организма.

Таким образом, проведена оценка и выявлены особенности функциональной готовности организма спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, по данным изменения вариабельности ритма сердца после

ортостатической пробы и пробы Мартине–Кушелевского. По результатам ортостаза была выявлена неадекватная реакция некоторых лиц контрольной группы, напротив, спортсмены показывают оптимальный тип реакции, который выражается в усилении активности симпатического звена ВНС. Анализ изменений ВСР после пробы с физической нагрузкой позволил заключить о более низком уровне функционального состояния организма лиц, не занимающихся спортом, в сравнении со спортсменами. Об этом свидетельствует высокое напряжение регуляторных механизмов испытуемых группы контроля в покое, отмеченный у некоторых из них парадоксальный тип реакции на пробу Мартине–Кушелевского, а также недовосстановление исходного вегетативного статуса за 3 минуты отдыха после пробы [96].

4.1.2 Исследование функциональной готовности организма спортсменов-легкоатлетов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса

Современный спорт высших достижений находится на этапе, в котором правомерно ставить вопросы о пределе человеческих возможностей. В этих условиях контроль уровня функциональной готовности организма спортсменов при организации тренировочного процесса является важнейшим аспектом подготовки спортсмена. По мнению специалистов спортивной медицины, сегодня для подготовки спортсмена, способного соперничать на международной арене, необходим комплексный подход, который будет затрагивать все сферы человеческой деятельности. А в его основе должна быть оптимальная организация научно-методического и медико-биологического обеспечения [124].

Цель исследования – оценка и выявление особенностей функциональной готовности организма спортсменов-легкоатлетов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса.

В обследовании принимали участие 6 спортсменов (средний возраст – 20 ± 2 года), занимающихся легкой атлетикой и имеющих спортивные разряды (I разряд – 2 человека, КМС – 4). До проведения исследования все испытуемые были проинформированы о ходе обследования и дали свое согласие на участие. Первое обследование проводилось в конце марта 2020 года, и оно приходилось на третий (заключительный) месяц подготовительного этапа тренировочного процесса. На этом этапе спортсмены готовились к переходу к основному периоду подготовки и их тренировочная неделя представляла собой по большей части средства активного отдыха с небольшим количеством упражнений общей физической подготовки. Второе обследование было проведено 13–14 июля, и оно пришлось на основной период подготовки, а именно на последнюю предсоревновательную неделю. Тренировочный план в этот период подготовки у спортсменов, по большей части, состоял из выполнения специально-технических упражнений с высокой

интенсивностью и малыми объемами. Оба обследования проведены в понедельник, в период времени с 9.00 до 10.00, до тренировочных занятий.

Функциональная готовность спортсменов оценивалась с помощью представленного выше способа оценки ФГ организма, включающего в себя два компонента: оценку функционального состояния организма и оценку психологической готовности.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» и Microsoft Excel 2010. Полученные данные представлены индивидуально для каждого испытуемого.

Планирование учебно-тренировочного процесса должно в широком смысле сводиться к одной задаче – подготовить организм спортсмена таким образом, чтобы его максимально возможный на данном этапе спортивный результат был показан в период основных соревнований. Для решения этой задачи, в большинстве видов спорта, классически выделяют три периода подготовки: подготовительный, основной и переходный [125]. В нашем исследовании контролировалась ФГ шести легкоатлетов уровня 1 разряд-КМС в конце подготовительного периода и в основном периоде за неделю до соревнований. Подготовительный период тренировочного процесса в исследуемой группе спортсменов был ориентирован на повышение базовых и специальных компонентов подготовленности. Он включал в себя большой объем работы с применением общих и полуспециальных тренировочных средств. При обследовании спортсменов после этого периода мы планировали заключить высокий уровень их ФГ. Это связано с результатами исследований, в которых показано, что более высокое ФС демонстрируют спортсмены после подготовительного периода [126]. Высокая активность парасимпатического звена ВНС (в пределах нормы) и адекватная реакция на предъявляемые функциональные пробы рассматриваются как индикаторы высокого ФС.

Основной период подготовки или по-другому соревновательный характеризуется нарастанием напряжения регуляторных систем организма и усилением центральной регуляции [126]. Усиление центральной регуляции в соревновательный (основной) период является нормальной тенденцией и отражает высокие функциональные возможности организма [66]. По нашему мнению, это напряжение возникает также по причине высокого психологического давления на спортсмена в соревновательном периоде, возможно, даже в большей степени именно из-за него, чем в связи с оптимальностью функционирования организма в таком вегетативном балансе.

В таблице 21 представлены результаты проведения ортостатической пробы у шести легкоатлетов в подготовительном и основном периодах подготовки.

Таблица 21 – Данные показателей variability сердечного ритма при проведении ортостатической пробы в основном и подготовительном периодах тренировочного процесса

Показатель	Положение	Подготовительный период						Основной период					
		С. (м)	А. (ж)	Д. (м)	И. (ж)	В. (м)	Л. (м)	С. (м)	А. (ж)	Д. (м)	И. (ж)	В. (м)	Л. (м)
ЧСС – частота сердечных сокращений	лежа	55	58	62	59	57	53	57	59	63	59	58	55
	стоя	59	72	105	79	93	81	62	69	96	82	83	80
ИН – индекс напряжения	лежа	30	19	52	46	21	14	35	27	48	53	25	18
	стоя	28	65	126	114	190	67	33	73	155	122	73	64
HF – высокочастотные волны	лежа	2289	7811	1112	2465	5605	7299	2355	3128	1605	1536	3684	3824
	стоя	1670	451	120	135	86	433	1479	376	160	195	103	315
LF – низкочастотные волны	лежа	1426	3040	527	980	1508	2056	1356	2874	464	1148	1644	2179
	стоя	2357	1816	1370	588	583	1021	2608	1205	1467	639	538	1349
VLF – очень низкочастотные волны	лежа	994	3091	973	355	1352	2327	691	2473	1109	474	1639	1376
	стоя	2731	599	910	801	727	2766	1817	724	941	455	609	1241
Total – общий спектр мощности	лежа	4709	13943	2612	3800	8465	11682	4402	8476	3178	3157	6967	7379
	стоя	6757	2866	2400	1524	1396	4220	5905	2306	2568	1289	1250	2905

Примечание: ■ – выделенные значения показателей указывают на отклонения от нормы.

У спортсмена С. (КМС) мы наблюдали неадекватную реакцию на ортостатическое тестирование как в подготовительном, так и в соревновательном периоде. Об этом свидетельствуют значения показателей ИН и Total в подготовительном периоде, которые в ответ на переход в вертикальное положение, соответственно, уменьшаются и увеличиваются в значениях: ИН (лежа – 30 у.е.; стоя – 28 у.е.), Total (лежа – 4709 мс²; стоя – 6757 мс²). А в основном периоде подготовки отмечались следующие значения: ИН (лежа – 35 у.е.; стоя – 33 у.е.), Total (лежа – 4402 мс²; стоя – 5905 мс²). Однако заключение об уровне ФС данного спортсмена является весьма спорным, поскольку другие показатели ВСР у него указывают на нормальное функционирование его регуляторных механизмов. Возможно, такая реакция связана с первоначальными признаками перенапряжения либо с индивидуальными особенностями организма данного спортсмена. Но реактивность ВНС на переход в вертикальное положение у данного спортсмена в любом случае достаточно низкая, что не является оптимальным, поскольку симпатическая нервная система – крайне важное звено в осуществлении адаптационных процессов, а ее активация для выполнения физической нагрузки служит обязательным условием. Для более точной оценки уровня ФС его организма важные данные можно получить с использованием пробы Мартине–Кушелевского.

Наиболее интересную реакцию, с позиции выявления перетренированности, показывает в подготовительном периоде спортсмен В. (КМС). В ответ на пробу мы наблюдаем чрезмерно выраженные изменения значений показателей ИН (лежа – 21 у.е., стоя – 190 у.е.), HF (лежа – 5605, стоя – 86). То есть после перехода в положение стоя наблюдается, с одной стороны, гиперреактивность симпатического отдела ВНС, а с другой – мощное угнетение активности парасимпатического звена ВНС. После первого обследования данному спортсмену и его тренеру были даны рекомендации для коррекции учебно-тренировочного процесса, и в соревновательном периоде отмечается адекватная реакция ВСР в ответ на ортостатическое тестирование: ИН (лежа – 25 у.е., стоя – 73 у.е.), Total (лежа – 6967 мс²; стоя – 1250 мс²), HF (лежа – 3684, стоя – 103). Возможно, данный спортсмен выполнял большой объем тренировочных нагрузок (6-разовые тренировки в неделю), который сочетался с недостаточным количеством отдыха.

Три спортсмена (А., И., Л.) по результатам ортостатического тестирования показали оптимальную реакцию на переход в вертикальное положение как в подготовительном, так и в основном периоде тренировочного процесса. Показатель ЧСС у данных спортсменов, находясь исходно на очень низком уровне, при проведении пробы повышается в допустимых пределах. У них наблюдаются оптимальная степень увеличения значений ИН, снижение относительного вклада в регуляцию СР высокочастотного компонента (HF) и, напротив, увеличение низкочастотного (LF).

И, наконец, испытуемый Д. характеризуется нормальной реакцией на ортостаз, однако в подготовительном периоде подготовки по показателю

частоты пульса в положение стоя наблюдается слишком выраженное повышение его значений: лежа – 62 уд./мин, стоя – 105 уд./мин. Частота сердечных сокращений является характеристикой, которая аккумулирует в себе воздействия огромного количества процессов в организме, следовательно, данное его превышение не обязательно было связано с вегетативной нервной системой, возможно влияние других систем организма. В основном периоде подготовки данным спортсменам показана уже более оптимальная реакция на ортостатическое тестирование по данным ЧСС: лежа – 63 уд./мин, стоя – 96 уд./мин.

В таблице 22 представлена динамика восстановления вегетативного баланса после пробы Мартине–Кушелевского у 6 легкоатлетов в подготовительном и основном периодах подготовки.

Таблица 22 – Динамика показателя ИН после выполнения пробы Мартине–Кушелевского в подготовительном и основном периодах подготовки

Период	Спортсмены	Этап выполнения пробы				
		исходное	после пробы	1-я минута	2-я минута	3-я минута
Подготовительный	С. (м)	18,4	31,7	16,9	15,2	17,9
	А. (ж)	12,1	50,0	9,8	12,5	9,5
	Д. (м)	37,7	606,5	63,2	65,8	68,4
	И. (ж)	25,5	127,5	22,6	18,9	20,0
	В. (м)	12,3	60,7	19,3	34,7	32,4
	Л. (м)	34,0	82,7	33,3	33,9	36,3
Основной	С. (м)	18,1	35,2	14,4	16,4	18,9
	А. (ж)	16,8	53,1	11,3	14,4	15,0
	Д. (м)	52,2	698,4	76,3	82,5	75,3
	И. (ж)	37,7	109,5	25,2	22,5	23,6
	В. (м)	21,5	69,5	18,1	19,9	21,0
	Л. (м)	22,0	68,9	24,9	29,2	23,3

Примечание: ■ – выделенные показатели указывают на отклонения от нормы.

С использованием пробы Мартине–Кушелевского мы оцениваем текущее ФС организма спортсменов по данным динамики и скорости восстановления вегетативного баланса, а также значениям индекса напряжения.

Так, у спортсмена С., который показал неоднозначную реакцию на ортостаз, выявлен очень высокий уровень функционального состояния в подготовительном периоде и еще более высокий в основном. У него наблюдаются низкие значения ИН в положении сидя с оптимальной реакцией в ответ

на 20 приседаний, а вегетативный баланс приходит к исходным уже после 1-й минуты восстановления. То есть по данному компоненту функционального состояния, а именно по скорости восстановления вегетативного баланса после нагрузочной пробы спортсмен С. демонстрирует очень хорошие результаты, что свидетельствует об очень высоком уровне его ФС.

Напротив, у спортсмена Д., который показал нормальную реакцию на ортостаз, с вопросами лишь по показателю ЧСС, в подготовительном периоде отмечается гиперреактивность в ответ на 20 приседаний (исходное – 37,7 у.е., после пробы – 606,6 у.е.), а значения ИН не возвращаются к исходным после 3-х минут отдыха: после 1-й минуты – 63,2 у.е., после 2-х минут – 65,8 у.е., после 3-х минут – 68,4 у.е. В основном периоде подготовки в предсоревновательную неделю наблюдается схожая динамика ИН и даже в более высоком диапазоне значений: исходное – 52,2 у.е., после пробы – 698,4 у.е., после 1-й минуты – 76,3 у.е., после 2-х минут – 82,5 у.е., после 3-х минут – 75,3 у.е. Такие данные указывают на сниженный уровень функционального состояния спортсмена Д., который у него заключен в подготовительном и основном периодах подготовки.

Испытуемый В., у которого выявлена неадекватная реакция на ортостаз в подготовительном периоде, но показавший хорошие результаты в основном периоде, характеризуется таким же образом по данным динамики вегетативного баланса после пробы Мартине–Кушелевского. В подготовительном периоде мы наблюдаем недовосстановление его вегетативного баланса до исходного за 3 минуты отдыха, но в основном периоде на фоне положительно низких значений ИН испытуемый В. восстанавливает исходный баланс за 1–2 минуты.

Три оставшихся спортсмена А., И., Л., как по данным ортостатического тестирования и по данным динамики ИН, после пробы с физической нагрузкой демонстрируют оптимальную тенденцию. После выполнения 20 приседаний у них отмечается оптимальный тип реакции значений ИН, а в процессе восстановления они быстро восстанавливают исходный уровень индекса напряжения.

Оценка психологической готовности спортсменов. В таблицах 23 и 24 представлены результаты оценки уровня психологической готовности спортсменов-легкоатлетов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса.

Таблица 23 – Данные по опроснику «Шкала спортивной мотивации» в подготовительном и основном периодах подготовки

Период	Спортсмены	Мотив узнавания нового	Потребность в совершенствовании навыков	Получение положительных эмоций	Смещение цели	Обостренное чувство долга	Потребность в социальном одобрении	Демотивация
Подготовительный	С. (м)	18	24	19	16	15	12	11
	А. (ж)	20	23	21	21	19	13	8
	Д. (м)	12	21	14	17	15	17	16
	И. (ж)	10	13	12	12	11	10	11
	В. (м)	14	20	21	15	12	14	8
	Л. (м)	17	24	23	23	28	16	6
Основной	С. (м)	18	23	17	16	14	13	16
	А. (ж)	19	24	18	18	21	15	6
	Д. (м)	13	22	13	16	16	18	15
	И. (ж)	12	14	12	11	13	11	10
	В. (м)	14	22	20	14	12	14	7
	Л. (м)	18	24	24	22	26	16	5

Примечание: ■ – выделенные показатели указывают на отклонения от нормы.

Выступление спортсмена на соревнованиях, независимо от их уровня, является серьезным психологическим стрессором. Когда между собой соперничают спортсмены, функциональная подготовленность которых находится на пределе, психологическая готовность выступает решающим фактором в определении победителя. Выявление уровня и при необходимости дальнейшая работа со специалистом с целью коррекции уровня психологической готовности помогут подвести спортсмена к соревнованиям в состоянии оптимальной боевой готовности.

Уровень мотивации спортсмена является ведущим фактором, который обуславливает его работоспособность, спортивный рост и результативность на соревнованиях [120]. С этой позиции мы провели оценку уровня мотивации по опроснику «Шкала спортивной мотивации», в котором спортсменам предлагалось оценить степень проявления каждого из 7 компонентов мотивации. Причем имеются компоненты, преобладание которых является фактором, свидетельствующим об оптимальном уровне и направленности мотивации спортсмена, а некоторые указывают об обратном.

Так, наиболее оптимальным, по нашему мнению, распределением доминирующих спортивных мотивов обладают спортсмены С., Л., В. и А. У них на разных уровнях значений, но в обоих периодах подготовки преобладают компоненты мотивации: потребность в совершенствовании навыков, получение положительных эмоций, обостренное чувство долга. Напротив, достаточно низкими баллами по мотивации у данных спортсменов как в подготовительном периоде, так и в основном характеризуются мотивы демотивации и потребности в социальном одобрении, которые не являются необходимым условием достижения успеха в спорте.

Интересная особенность уровня спортивной мотивации наблюдается у спортсмена И., у которого отмечаются как в подготовительном, так и в основном периоде низкие значения всех рассматриваемых мотивов. Но вместе с тем преобладающими являются потребность в совершенствовании навыков, получении положительных эмоций и смещение цели.

Наиболее неоптимальным соотношением распределения преобладающих мотивов, на наш взгляд, характеризуется спортсмен Д. У него, несмотря на ведущий мотив потребности в совершенствовании навыков, следующими по вкладу мотивами являются смещение цели, потребность в социальном одобрении, демотивация. А в соревновательном периоде акцент в распределении негативных для достижения высокого спортивного результата мотивов смещается на потребность в социальном одобрении. С одной стороны, преобладание данного мотива может быть сильным фактором, способствующим достижению высокого спортивного результата, однако он не может обеспечивать поддержание высокого уровня мотивации длительное время.

В данной работе мы исходили из идеи, что с приближением соревнований у спортсмена в норме должен нарастать уровень тревожности и напряжения, но в оптимальном диапазоне. Недопустимо снижение уровня

тревожности в соревновательный период по сравнению с тренировочным, поскольку это выражается в предстартовой апатии и неготовности спортсмена к проявлению своих максимальных возможностей. С другой стороны, излишняя тревожность также может негативно сказаться на спортивном результате.

Уровень личностной тревожности является весьма устойчивой характеристикой и не подвержен сильному изменению в различных периодах тренировочного процесса, а показатель реактивной тревожности, напротив, отражает подвижное состояние, которое может быть очень изменчивым.

Таблица 24 – Оценка уровня тревожности по тесту Спилбергера у спортсменов в подготовительном и основном периодах подготовки

Период	Показатель	С. (м)	А. (ж)	Д. (м)	И. (ж)	В. (м)	Л. (м)
Подготовительный	Реактивная тревожность	40	34	35	35	39	32
	Личностная тревожность	41	35	41	29	40	42
Основной	Реактивная тревожность	46	36	33	34	42	35
	Личностная тревожность	42	35	42	30	39	41

Примечание: ■ – выделенные показатели указывают на отклонения от нормы.

Анализируя результаты тестирования уровня тревожности спортсменов, был выявлен переход к высокому уровню тревожности (по показателю реактивной тревожности) у спортсмена С.: подготовительный период – 40 баллов, основной – 46 баллов. А у испытуемого Д., напротив, отмечается снижение реактивной тревожности при подведении к соревнованиям: подготовительный период – 35 баллов, основной – 33 балла. Такое изменение уровня реактивной тревожности не является критичным, однако эти данные могут служить маркером для коррекции учебно-тренировочного процесса, а также, в случае своевременной коррекции, могут положительно повлиять на итоговый спортивный результат.

У четверых других спортсменов заключена оптимальная психологическая готовность как с позиции ведущих мотивационных компонентов, так и по уровню тревожности в подготовительном и основном периодах подготовки. У двоих из них (А., В., Л.) наблюдается небольшое повышение уровня тревожности в основном периоде, по сравнению с подготовительным, а у одного (И.), напротив, отмечается небольшое снижение реактивной тревожности (подготовительный период – 35 баллов, основной – 34 балла).

Таким образом, с использованием двухкомпонентного способа произведена оценка и выявлены особенности функциональной готовности организма легкоатлетов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса. У трех обследованных спортсменов установлены различные отклонения в реакциях на пробы: неадекватная реакция на ортостаз, недовосстановление исходного состояния за 3 минуты после пробы Мартине–Кушелевского, снижение уровня тревожности в основном периоде. Однако другие три спортсмена, по нашему мнению, основанному на результатах проведенных исследований, функционально и психологически готовы к успешному выступлению на соревнованиях. Они показали нормальную реакцию на ортостатическую пробу, оптимальную динамику восстановления после пробы Мартине–Кушелевского, приемлемое соотношение при распределении мотивов занятием спортом, а также оптимальное изменение уровня тревожности в основном периоде подготовки. Некоторым из испытуемых, у которых были выявлены различные отклонения в компоненте функционального состояния или психологической готовности, были даны рекомендации по организации учебно-тренировочного процесса с целью оптимизации уровня их готовности и к основному периоду подготовки у них наблюдалась благоприятная «картина» готовности [127].

4.2 Оценка готовности студентов к обучению в высшем учебном заведении

Сегодняшний мир – это мир небывалых ранее скоростей и изменений. Поэтому в нашей образовательной сфере должны происходить такие же своевременные перестройки, как и в других сферах. С одной стороны, это соответствие выпускаемых специалистов из учреждений высшего образования запросам рынка труда, а с другой – формирование такой личности человека, которая будет успешно реализовываться в современном изменчивом мире. Исследователь М.С. Пасынкова считает, что сегодня наукой получен социальный заказ на необходимость изучения способности человека к практической деятельности с целью нахождения возможностей максимального применения отдельно взятого индивида в конкретном роде деятельности [128]. Таким образом, каждый человек сможет реализоваться в личностном плане, достичь высокого уровня профессионализма и сохранить свое психическое здоровье. В этой связи сейчас активно изучаются проблемы готовности к обучению и деятельности в определенных специальностях и данная тема крайне актуальна.

Так, в настоящее время разработано большое количество подходов к оценке психологической готовности к обучению в УВО. Все они представляют собой пул методик, каждая из которых направлена на оценку одного из свойств личности (мотивационного, волевого, когнитивного, эмоционального). В 2013 году исследователи О.Б. Асриян, Р.В. Кадыров, В.В. Черненко предложили свой подход в оценке психологической готовности к обучению в учреждении высшего образования. Ими была обоснованно подобрана батарея методик: исследование социального интеллекта, исследование эмоционального интеллекта, мультифакторный личностный опросник, анализ академической успеваемости, анализ социальной активности [129]. Автор О.М. Чикова в 2014 году предложила оценивать психологическую готовность к учебной деятельности студентов-бакалавров УВО педагогической направленности при помощи пяти различных тестов и опросников: методика диагностики учебной мотивации студентов, самооценочный тест «Характеристики эмоциональности», тест-опросник «Исследование волевой саморегуляции», методика самоорганизации личности студента, опросник конструктивности мышления [130].

Эти методики сегодня широко распространены и обоснованно используются в оценке социально-психологической готовности к обучению. Однако, по нашему мнению, в оценке готовности к обучению в учреждении высшего образования не хватает компонента функциональной готовности. Даже если не иметь в виду учебные заведения спортивного профиля, МЧС, военные учреждения, для адекватного функционирования и эффективного освоения избранной специальности студент должен быть готов психически и физически (соматически). Низкий уровень функционального состояния организма тесно связан с проблемами со здоровьем, плохим самочувствием и неспособностью уделять достаточное время процессу обучения. Также, по данным многочисленных исследований, так называемый психологический компонент здоровья коррелирует со здоровьем соматическим. Следовательно, эти два компонента обуславливают оптимальный уровень готовности студентов к обучению в УВО.

В основу разработки предлагаемой структуры положена модель оценки готовности, которая была представлена М.А. Пасынковой [128]. Для оценки функционального компонента готовности мы предлагаем использовать данные, полученные методом ВСП, а именно анализ вегетативного баланса после выполнения пробы Мартине–Кушелевского.

Психологическая готовность оценивалась с помощью батареи методик:

1. Методика изучения мотивации обучения в вузе Т.И. Ильиной.
2. Тест В.Ф. Ряховского для оценки уровня общительности.
3. Диагностика волевого потенциала личности (Н.П. Фетискин).
4. Тест структуры интеллекта Амтхауэра. Использовались 1 и 3 субтесты.

Методы, применяемые в исследовании: теоретический анализ литературных и информационных источников, синтез, сравнительный метод.

В 2013 году автором М.А. Пасынковой была предложена структура готовности к обучению в учреждении высшего образования [128]. Нами эта структура была модернизирована и адаптирована под специфику обучения в нашем УВО (рисунок 19).

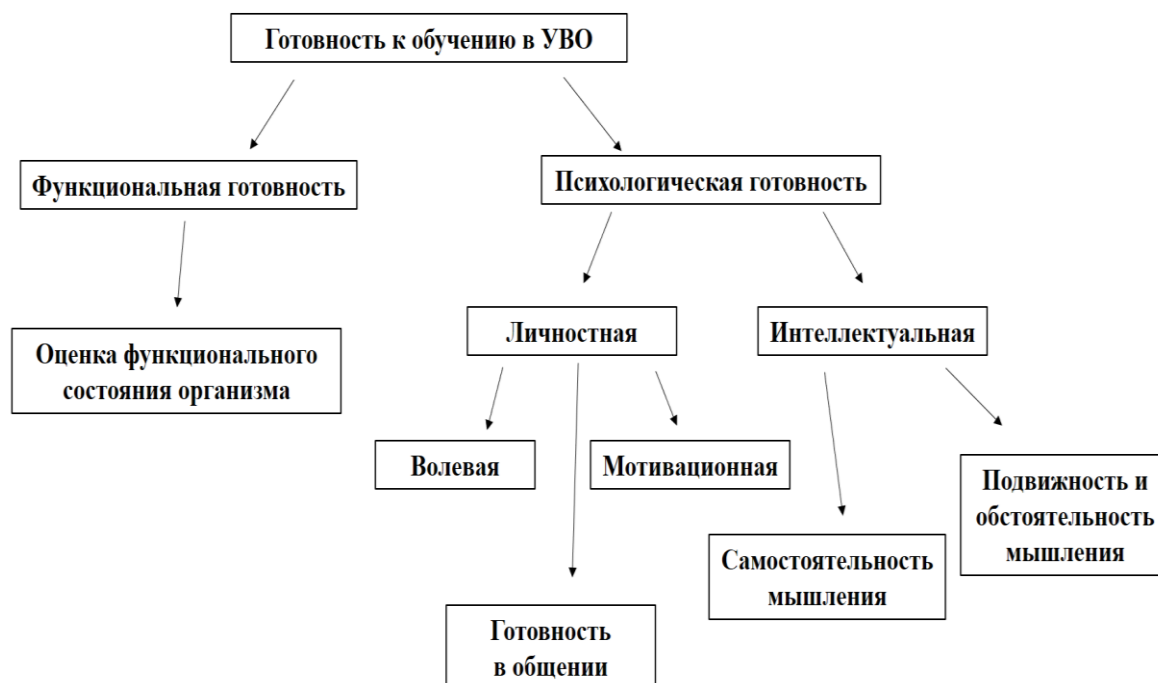


Рисунок 19 – Структура готовности к обучению в УВО

В предлагаемом подходе выделяются два основных компонента: функциональная готовность и психологическая готовность (оценка функционального состояния организма).

Функциональная готовность оценивается с помощью разрабатываемого в период с сентября 2018 по ноябрь 2019 г. на кафедре теории и методики физической культуры и спортивной медицины подхода к оценке функционального состояния организма [98]. Он основывается на анализе уровня текущей вегетативной регуляции и изменении вегетативного баланса после выполнения дозированной физической нагрузки (20 приседаний). По реакции ВНС на физическую нагрузку мы оцениваем адекватность функционирования ведущего регуляторного механизма человеческого организма и, соответственно, его текущее ФС.

Разработанный способ представляет собой двухкомпонентную модель оценки готовности к обучению в учреждении высшего образования, которая, в свою очередь, имеет разделение на оценку отдельных характеристик. Эти характеристики, по нашему мнению, позволяют объективно оценить готовность к обучению в УВО [98].

4.2.1 Сравнительный анализ готовности студентов различных факультетов к обучению в учреждении высшего образования

Проблема готовности студентов к обучению в высшем учебном заведении является предметом научной дискуссии на протяжении нескольких десятилетий, поскольку постоянно меняются и усложняются требования, предъявляемые к абитуриенту. По мнению С.Б. Величковской и соавт. (2018), одной из причин низкой успеваемости в учебной деятельности студента может быть трудность индивидуальной адаптации к чрезмерно интенсивному ритму жизни студента и сочетающийся с этим стресс. Как следствие, появляются признаки морального и физического истощения, а также снижения умственной работоспособности [131, с. 153].

С физиологической точки зрения способность быстро и успешно адаптироваться к возросшей учебной нагрузке, новым видам деятельности, необходимости сочетать образовательную и творческую активность зависит от баланса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Следовательно, крайне важно оценивать и, в случае необходимости, корректировать уровень ФС организма студентов, для его более успешной адаптации к условиям обучения в УВО и, соответственно, эффективного освоения учебной программы.

Помимо функционального состояния организма успешность обучения студентов зависит от большого количества других факторов: материального положения, семейного статуса, возраста, уровня довузовской подготовки, владения студентом навыками самоорганизации, планирования и контроля своей деятельности, а также в значительной степени от индивидуальных психологических особенностей студентов, которые включают в себя личностные и интеллектуальные составляющие [132–135].

Цель исследования – оценка и изучение особенностей готовности студентов 1-го курса специальностей спортивного и неспортивного профилей к обучению в УВО по данным функционального состояния организма и показателям психологических диагностических методик.

Исследование проведено на базе лаборатории «Медиа-спорт» Витебского государственного университета имени П.М. Машерова. Обследовано 45 студентов 1-го курса факультета физической культуры и спорта (спортивный профиль, I группа) и 23 студента 1-го курса факультета социальной педагогики и психологии (неспортивный профиль, II группа).

Для оценки функционального компонента готовности были проведены анализ и обработка показателей вариабельности сердечного ритма, полученных с помощью ПАК «Омега-М». Для оценки ФС организма использованы исходные данные ВСР, а также данные по динамике восстановления вегетативного баланса после пробы с физической нагрузкой [98].

Психологическая готовность в настоящем исследовании оценивалась с помощью батареи методик:

1. Методика изучения мотивации обучения в вузе Т.И. Ильиной (мотивационная готовность).

2. Тест В.Ф. Ряховского для оценки уровня общительности (готовность в общении).

3. Диагностика волевого потенциала личности по Н.П. Фетискину (волевая готовность).

4. Тест структуры интеллекта Амтхауэра. Использовались 1 и 3 субтесты: 1 – индуктивно-вербальное мышление; 3 – понятийное мышление.

По вышеперечисленным психологическим методикам были протестированы 41 студент 1-го курса факультета физической культуры и спорта (спортивный профиль) и 32 студента 1-го курса факультета социальной педагогики и психологии (неспортивный профиль).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика» г. Санкт-Петербург) и Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения полученных данных определялась с использованием критерия Шапиро–Уилка. Для выявления уровня достоверности различий между испытуемыми различных факультетов применяли U-критерий Манна–Уитни (Pu). Корреляционный анализ проводился с использованием ранговой корреляции Спирмена (r) или корреляции Пирсона в зависимости от распределения полученных данных.

Значения показателей физического состояния, которые характеризуют уровень функционального состояния организма испытуемых, представлены в таблице 25. Отчетливо видны различия значений показателей у представителей I группы (ФФК и С) и II группы (ФСП и П). У студентов I группы отмечены следующие значения показателей: уровень адаптации организма – 75%, вегетативная регуляция – 88%, центральная регуляция – 68%, психоэмоциональное состояние – 70% и интегральный показатель здоровья – 75%. А у испытуемых II группы, по сравнению с I группой, наблюдались достоверно более низкие значения показателей: А – 61% ($p<0,05$), В – 64% ($p<0,05$), С – 60% ($p<0,05$), D – 61% ($p<0,05$) и Н – 61% ($p<0,05$).

Показатели В1 и В2 указывают, соответственно, на текущий уровень напряжения систем регуляции и резервы этих систем, в связи с чем они интерпретируются как показатели тренированности организма. У первокурсников, не имеющих отношения к занятиям спортом, отмечались следующие значения данных показателей: В1 – 64%, В2 – 70%. А у II группы, представленной студентами, которые занимаются спортом, отмечается несколько иной уровень данных показателей: В1 – 88% ($p<0,05$), В2 – 71%. То есть по показателю, отражающему уровень напряжения систем регуляции, у представителей I группы наблюдалась более благоприятная картина, однако по показателю резервов данных систем различий не выявлено.

Таблица 25 – Показатели вариабельности сердечного ритма и физического состояния организма студентов-первокурсников двух групп в исходном состоянии ($\bar{X} \pm S_{\text{откл.}}$)

Показатель	I группа	II группа	Достоверность различий
A – уровень адаптации организма	74,5±18,1	61,3±26,7	p<0,05
B – показатель вегетативной регуляции	88,1±12	63,9±34,1	p<0,05
C – показатель центральной регуляции	68,3±16,6	59,7±25,1	p<0,05
D – психоэмоциональное состояние	69,6±15,8	60,8±22,7	p<0,05
Health – интегральный показатель	75,1±12,7	61,4±26,4	p<0,05
B1 – уровень регуляции	88,1±12	63,9±34,1	p<0,05
B2 – резервы регуляции	71±16,6	70,3±26	p>0,05
ЧСС – частота сердечных сокращений	67,4±8,8	87,3±14,9	p<0,05
SDNN – стандартное отклонение N-N-интервалов от среднего значения	67±23,4	56±28	p<0,05
pNN50 – количество интервалов, отличающихся более чем на 50 мс	31,1±20,0	17,4±17,7	p<0,05
RMSSD	55,3±29,2	40,7±25,4	p<0,05
ИН – индекс напряженности	55,4±28	155,8±146,3	p<0,05
dX – вариационный размах	315±93	264±115	p<0,05
HF – высокочастотные волны	1379±1704	638±691	p<0,05
LF – низкочастотные волны	1618±1512	1572±1987	p>0,05
VLF – очень низкочастотные волны	1666±1326	1270±1298	p>0,05
LF/HF – симпато-вагальный индекс	2,3±2,0	3,7±2,3	p<0,05
Total – полный спектр частот	4663±3822	3480±3611	p>0,05

Примечание: p – достоверность различий по U-критерию Манна–Уитни при сравнении значений между группами испытуемых.

По данным временного анализа ВСР также выявлены некоторые особенности между обследованными группами испытуемых. Средние значения показателей данного анализа, а также достоверность их различий представлена в таблице 25.

Частота сердечных сокращений является важной характеристикой, которая аккумулирует в себе влияние всех процессов, протекающих в организме человека. Соглашаясь с этой точкой зрения, нельзя интерпретировать ЧСС как объективный показатель оценки качества функционирования

отдельных систем организма. Однако по его значению в состоянии относительного покоя можно косвенно судить об общем состоянии организма. Так, у группы лиц, не занимающихся спортом, наблюдаются относительно высокие значения показателя ЧСС – 87,3 уд./мин. А у студентов ФФК и С значения частоты пульса оказались достоверно более низкими – 67,4 уд./мин ($p < 0,05$).

Чем выше значение показателя SDNN, тем в большей степени задействован автономный контур, напротив, низкие его значения указывают на высокий уровень централизации в управлении СР. Более низкими исходными значениями SDNN обладали испытуемые II группы – 56 мс, а у I группы – 67 мс ($p < 0,05$). То есть по данным показателя SDNN студенты 1-го курса неспортивного профиля обучения характеризовались более высоким уровнем централизации в управлении СР.

В целом три показателя временного анализа (pNN50, SDNN, RMSSD) демонстрируют схожую степень различий между двумя группами. Их значения увеличиваются при усилении влияния автономного контура и парасимпатического звена ВНС. Показатель частоты пульса имеет обратную динамику, увеличиваясь в значениях с ростом централизации управления СР. Такую тенденцию можно объяснить напряжением регуляторных систем из-за высокой активности симпатического отдела ВНС. При включении в управление высших уровней происходит подавление активности автономного контура, а это в свою очередь ведет к напряжению регуляторных систем и истощению функциональных резервов организма. То есть данные временного анализа ВСР указывают на более напряженный уровень функционирования регуляторных систем студентов неспортивного профиля, что может отрицательно сказываться как на их успеваемости в учебе, так и на состоянии здоровья.

Показатель вариационного размаха КИ указывает на влияние парасимпатического звена ВНС на регуляцию СР. Отмечаем наличие достоверных различий в значениях dX между исследуемыми группами студентов 1-го курса. У I группы в покое этот показатель составлял 315 мс, а у II группы находился на достоверно более низком уровне – 264 мс ($p < 0,05$).

Значения абсолютного вклада волн различной частоты в регуляцию ритма сердца двух обследованных групп представлены в таблице 24. Так, у группы студентов 1-го курса ФСП и П значительно преобладали низкочастотные компоненты: HF – 638 мс², LF – 1572 мс², VLF – 1270 мс², что подтверждается также высоким значением симпато-вагального индекса – 3,7. У группы студентов, занимающихся спортом, наблюдается более адекватное с точки зрения вегетативного баланса соотношение волновой структуры: HF – 1379 мс² ($p < 0,05$), LF – 1618 мс², VLF – 1666 мс², LF/HF – 2,3 ($p < 0,05$). Данные спектрального анализа в исходном состоянии по большей части соответствуют той «картине», которая сложилась после анализа предыдущих показателей ВСР. Однако обращает на себя внимание высокая степень влияния низкочастотных компонентов у испытуемых 1-го курса, занимающихся спортом. По нашему мнению, это объясняется исключительной важностью

для спорта высших достижений, активности симпатического звена ВНС, поскольку имеются исследования, в которых показано, что наивысшие спортивные достижения демонстрируются при высокой активности этого отдела.

Таким образом, после анализа волновой структуры сердечного ритма можно сделать вывод: у испытуемых обеих групп наблюдается преобладание в спектре низкочастотных компонентов, что свидетельствует о значительном вкладе симпатического отдела ВНС в работу их сердца. У студентов неспортивного профиля преобладающими являются вазомоторные волны (LF). А у группы спортсменов наибольший вклад в регуляцию вносят очень низкочастотные волны, которые отражают гуморально-метаболические влияния.

Выше были рассмотрены исходные значения ВСР и показателей физического состояния двух групп. Далее будет дан анализ реакции, а также динамики восстановления исходного уровня вегетативного баланса после выполнения дозированной физической нагрузки (20 приседаний), по результатам чего произведено распределение на группы по уровню ФС организма.

На рисунке 20 представлено процентное распределение обследованных студентов спортивного профиля обучения по уровню ФС организма. Так, из 45 студентов-спортсменов большую часть составляли лица с высоким уровнем ФС организма – 44% (n=20). Меньшую по представительству группу составили студенты со средним ФС организма – 29% (n=13). И, наконец, наименьшими по количеству отнесенных студентов группами являются группы с низким уровнем функционального состояния – 16% (n=7) и очень высоким уровнем ФС организма – 11% (n=5). То есть большинство студентов-первокурсников спортивного профиля обучения характеризуются нормотоническим типом вегетативной регуляции сердечного ритма и оптимальной динамикой индекса напряжения после пробы Мартине–Кушелевского.

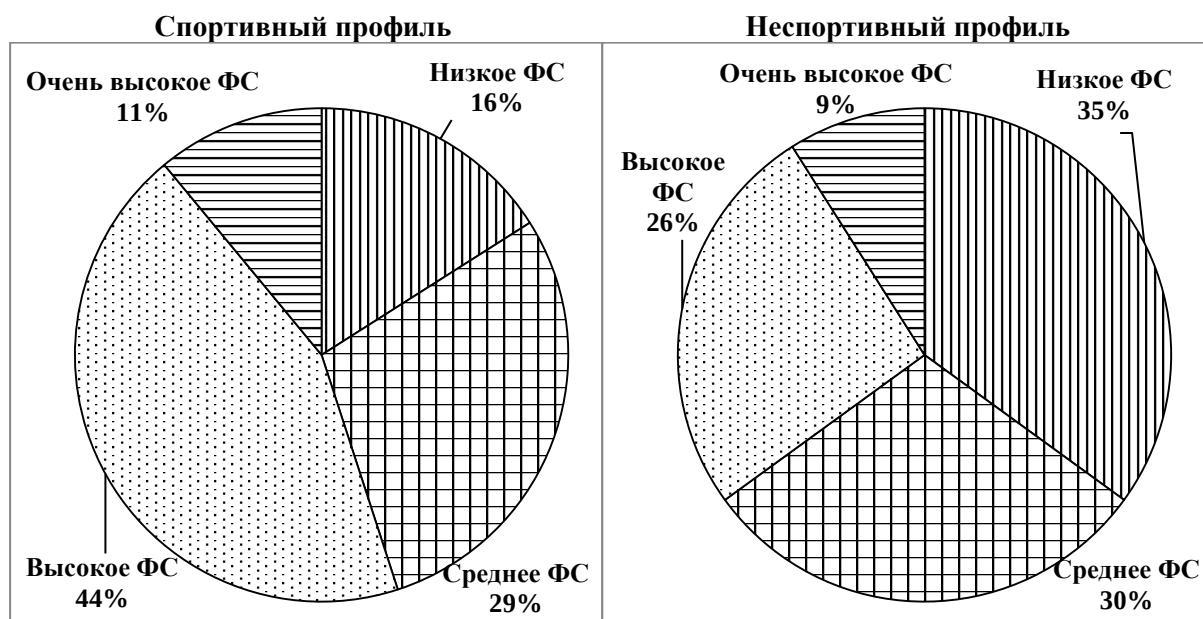


Рисунок 20 – Распределение обследованных студентов-первокурсников спортивного и неспортивного профилей обучения по уровню ФС организма

Студенты неспортивного профиля обучения имели некоторые особенности в распределении по уровню ФС, которые указывают на их различия со студентами-спортсменами (рисунок 20). Наиболее представительной группой оказалась группа с низким уровнем функционального состояния организма – 35% (n=8). Чуть меньшее количество студентов отнесено к группе со средним уровнем ФС организма – 30% (n=7). Также достаточно представительной группой оказалась группа с высоким уровнем ФС организма – 26% (n=6). Наименьшее количество студентов неспортивного профиля было отнесено к группе с очень высоким уровнем ФС – 9% (n=2).

Распределение на группы по уровню ФС организма у двух рассматриваемых факультетов характеризуется некоторыми особенностями. Так, среди студентов спортивного профиля обучения преобладают лица с высоким уровнем ФС (44%), а среди студентов ФСП и П, напротив, с низким уровнем ФС (35%). Процент испытуемых со средним уровнем ФС в обеих группах примерно одинаковый: I группа – 29%, II группа – 30%. Другое соотношение наблюдается у студентов с низким уровнем ФС, их значительно больше отмечается в группе студентов неспортивного профиля обучения: I группа – 29%, II группа – 30%.

В таблице 26 представлены данные, касающиеся особенностей изменения значений ИН в процессе восстановления после пробы Мартине–Кушелевского.

Таблица 26 – Значения индекса напряжения у двух групп студентов-первокурсников в исходном состоянии и в процессе восстановления после пробы с физической нагрузкой (Ме; 25%; 75%)

Профиль обучения	ФС	Исходное	Сразу после	1-я минута	2-я минута	3-я минута
I группа	Низкое ФС	126 [95; 166]	236 [54; 2212]	62 [58; 109]	139 [64; 266]	313 [101; 413]
	Среднее ФС	45 [39; 53]	220 [88; 394]	42 [33; 87]	66 [48; 86]	70 [55; 122]
	Высокое ФС	33 [27; 40]	77 [59; 223]	22 [15; 38]	25 [16; 34]	37 [25; 43]
	Очень высокое ФС	14 [14; 14]	67 [67; 101]	12 [12; 16]	12 [11; 19]	11 [9; 23]
II группа	Низкое ФС	190 [91; 272]	412 [296; 997]	159 [127; 249]	310 [169; 376]	236 [114; 307]
	Среднее ФС	49 [35; 64]	255 [63; 617]	74 [52; 105]	79 [53; 82]	114 [81; 142]
	Высокое ФС	26 [18; 35]	72 [41; 83]	30 [17; 46]	13 [12; 33]	32 [31; 73]
	Очень высокое ФС	13 [13; 13]	26 [26; 27]	11 [10; 11]	6 [5; 7]	16 [15; 17]

Исходя из данных, представленных в таблице 26, отмечаем схожие уровни, на которых выстраивается динамика индекса напряжения между двумя рассматриваемыми группами студентов по одному уровню ФС

организма. Так, в группе с низким уровнем ФС зафиксированы высокие исходные значения ИН в обеих группах, а полное восстановление исходных значений так и не наступает после 3-х минут. Динамика индекса напряжения в группе со средним уровнем ФС также схожая у обеих групп студентов и характеризуется недовосстановлением исходных значений ИН за 3 минуты отдыха, однако в I группе отмечаются более низкий ИН после 3-х минут – 70 у.е., чем во II группе – 114 у.е. Схожими и наиболее оптимальными значениями ИН характеризуются группы с высоким и очень высоким ФС организма, в которых на фоне исходно низких значений ИН наблюдается его быстрое восстановление после 2-х минут отдыха.

Таким образом, у студентов факультета физической культуры и спорта в соответствии с данными реакции вегетативного баланса на дозированную физическую нагрузку, а также его скоростью восстановления до исходных, выявлено более благоприятное соотношение групп по уровню ФС организма. Данное соотношение характеризуется преобладанием студентов с высоким уровнем ФС организма и небольшим количеством студентов с низким уровнем ФС. Вместе с тем отмечаем, что лиц с очень высоким уровнем ФС организма было мало как у представителей спортивного профиля обучения – 11%, так и у неспортивного – 9%. В одинаковых группах по уровню ФС организма между двумя факультетами наблюдаются схожие исходные значения индекса напряжения, а также их динамика после выполнения 20 приседаний за 30 секунд.

Централизованное тестирование – это форма вступительных испытаний, которая оценивает «...процент выученной информации из школьных курсов различных предметных образовательных программ...» и не дает полной информации об интеллектуальной составляющей готовности к обучению в УВО [136]. Отечественные исследователи Л.А. Ясюкова, В.А. Долгопалов (2010, 2012) выявили связь общей способности к обучению с результатами по 1 и 3 субтестам теста Амтхауэра, а также показали, что развитие вербального и понятийного мышления на уровне 11 баллов и выше обеспечивает полноценное усвоение программ высшей школы [136; 137]. В таблице 27 представлены результаты исследования интеллектуального развития студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей (ФСП и П) по результатам 1 и 3 субтестов теста Амтхауэра.

Большинство обследованных первокурсников обладает достаточным уровнем интеллектуальных способностей для освоения программы УВО. В числе студентов 1-го курса обоих факультетов имеются студенты с баллами <11 по результатам 1 и 3 субтестов теста Амтхауэра. Так, по данным субтеста 1, количество студентов с баллом <11 в процентном отношении к общему числу обследованных больше среди студентов специальности спортивного профиля (на 16,1%). А представителей с баллами по данному субтесту >11, напротив, немного больше у ФСП и П. То есть более высокий уровень индуктивно-вербального мышления зафиксирован в группе студентов неспортивного профиля обучения.

Таблица 27 – Характеристика интеллектуального развития студентов 1-го курса двух исследуемых факультетов по результатам 1 и 3 субтестов теста Амтхауэра

Характеристики	I группа (n = 41)	II группа (n = 32)
Индуктивно-вербальное мышление (в баллах)	9,77	12,2
Количество студентов с баллом 11 и выше (абс. и % к общему числу обследованных)	22 (30,1%)	23 (31,9%)
Количество студентов с баллом <11 (абс. и % к общему числу обследованных)	19 (26,1%)	9 (11,9%)
Понятийное мышление (в баллах)	11,04	12,55
Количество студентов с баллом 11 и выше (абс. и % к общему числу обследованных)	23 (31,5%)	27 (37,0%)
Количество студентов с баллом <11 (абс. и % к общему числу обследованных)	18 (24,7%)	5 (6,8%)

Данные по субтесту 3, указывающие на уровень понятийного мышления, также различались у двух исследуемых факультетов. Так, процент студентов с баллом >11 по данному субтесту был более высоким во II группе – 37%, по сравнению с I группой – 31,5%. А процент от общего числа студентов с баллами менее 11 по субтесту 3 и вовсе был значительно более высоким у представителей спортивного профиля обучения – 24,7%, по сравнению с неспортивным профилем – 6,8%. То есть уровень понятийного мышления, по данным теста Амтхауэра, также был более высоким у студентов ФСП и П.

Личностная составляющая психологической готовности к обучению в УВО, представляет собой комплекс личностных качеств: мотивации, волевых установок, особенностей коммуникации [136].

Изучение мотивации к обучению позволило выявить, что первокурсники обоих факультетов в большей степени ориентированы на приобретение знаний (68,5% от общего числа обследованных). Вместе с тем среди студентов спортивного профиля обучения отмечен больший процент тех, которые рассматривают приобретение знаний как ведущий мотив в обучении (I группа – 45,2%, II группа – 23,3%). Несмотря на преобладание у студентов ФСП и П мотива приобретения знаний, очень близким к нему уровнем характеризуется мотив на получение диплома, что может свидетельствовать о формальном подходе к получению оценок (таблица 28). Стоит отметить, что на 1-м курсе у студентов практически отсутствует профессиональная мотивация (I группа – 4,1%, II группа – 1,4%), которая предусматривает конкретные побуждения выбора профессии и в дальнейшем готовности к выполнению обязанностей, связанных с этой профессией [138]. На данную тенденцию следует особенно обратить внимание, поскольку, низкий уровень мотива «овладение профессией» характерен для обоих исследуемых факультетов, что свидетельствует об общности данной проблемы для различных профилей обучения.

Таблица 28 – Результаты оценки мотивационной готовности к обучению в УВО студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей

Профиль обучения	Количество студентов (абс. и % к общему числу обследованных)		
	приобретение знаний	овладение профессией	получение диплома
I группа (n = 41)	33 (45,2%)	3 (4,1%)	6 (8,2%)
II группа (n = 32)	17 (23,3%)	1 (1,4%)	14 (17,8%)

Ряд исследований (В.Ю. Рыбникова, 2015; С.В. Чермянина, 2013) показал, что в процессе овладения профессией в учреждении высшего образования, из-за несоответствия воспринимаемой реальности ожиданиям, могут формироваться признаки дезадаптации, вплоть до полной потери мотивации к дальнейшей учебной деятельности. А первокурсники, которые изначально характеризуются низкой мотивацией к овладению профессией, имеют высокие риски возникновения дезадаптации, что обуславливает необходимость своевременного контроля и мотивационной работы не только со студентами, но и с сегодняшними школьниками, которые вскоре будут абитуриентами.

В таблице 29 представлены результаты установления уровня общительности студентов 1-го курса обоих рассматриваемых факультетов. Выявлено, что большинство студентов (46,8%) 1-го курса, обучающихся по специальностям как спортивного, так и неспортивного профиля весьма общительны, любопытны, разговорчивы, охотно высказываются по разным вопросам, легко знакомятся с новыми людьми, им нравится быть в центре внимания, а также они готовы откликнуться на просьбы. Но вместе с тем они склонны переоценивать свои возможности, у них недостаточно усидчивости, терпения и смелости в решении сложных проблем. Значительная часть первокурсников-спортсменов характеризуется нормальным уровнем коммуникабельности – 20,5% (14–18 очков), любознательных, достаточно терпеливых в общении, отстаивающих свою точку зрения без вспыльчивости, однако не любящих шумных компаний. У студентов ФСП и П заметно меньшее представительство в данной группе с нормальным уровнем коммуникабельности (10,9% от общего числа обследованных).

Таблица 29 – Уровень общительности студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей обучения по результатам методики В.Д. Ряховского

Профиль обучения	Количество студентов, отнесенных к диапазону очков (абс. и % к общему числу обследованных)						
	0–3	4–8	9–13	14–18	19–24	25–29	30–32
I группа (n = 41)	–	8 (10,9%)	18 (24,9%)	15 (20,5%)	–	–	–
II группа (n = 32)	–	8 (10,9%)	16 (21,9%)	8 (10,9%)	–	–	–

Возможно, высокие результаты по уровню общительности, полученные у группы студентов спортивного профиля, могут объясняться их занятиями спортом, в дополнение к учебе в школе. Поскольку спортсмен, даже в индивидуальных видах спорта, не говоря уже про командные, является весьма социально активной личностью, которой для успешной реализации себя необходимо находиться в постоянной коммуникации со своими напарниками на тренировке, тренерами и т.д. У школьников, не имеющих каких-либо увлечений, связанных с дополнительными занятиями, помимо школы, может наблюдаться более низкий уровень общительности, который в дальнейшем может влиять как на выбор специальности в УВО, так и в целом на формирование вектора дальнейшего жизненного пути.

Результаты проведенной диагностики волевого потенциала личности по Н.П. Фетискину представлены в таблице 30. Установлено, что первокурсники обоих профилей обучения имеют достаточно высокий уровень волевого потенциала: средняя сумма баллов (64,4% к общему числу обследованных) и высокая сумма баллов (45,7% к общему числу обследованных). В разрезе специальностей наблюдаются серьезные различия, среди которых средний уровень волевого потенциала выявлен у 28,8% студентов спортивного профиля и у 35,6% от общего числа обследованных у студентов ФСП и П. Напротив, высокие значения волевого компонента готовности характеризовались следующими процентными значениями от общего числа обследованных: I группа – 27,9%, II группа – 17,8%. То есть студенты, обучающиеся на ФФК и С, в большей степени владеют навыками управления собой, мобилизации сил, способностью сосредоточиться на задаче, а также лучше умеют отвлекаться от мешающих воздействий и преодолевать страх, волнение. Более высокий уровень волевого потенциала, с одной стороны, может быть связан с тем, что спортивный отбор благоприятствует лицам с исходно более высоким волевым потенциалом, а с другой – он может быть обусловлен необходимостью спортсменов в постоянном преодолении трудностей и стремлении к победе.

Таблица 30 – Результаты диагностики волевого потенциала личности по Н.П. Фетискину у студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей обучения

Профиль обучения	Количество студентов (абс. и % к общему числу обследованных)		
	1–12 баллов	13–21 баллов	22–30 баллов
I группа (n = 41)	–	21 (28,8%)	20 (27,9%)
II группа (n = 32)	–	26 (35,6%)	6 (17,8%)

Обобщенные результаты сравнительного анализа компонентов психологической готовности студентов 1-го курса факультета физической культуры и спорта, а также факультета социальной педагогики и психологии представлены в таблице 30. Стоит отметить наличие большого количества компонентов, по которым изучаемые группы студентов различаются между собой, причем по некоторым характеристикам получены более высокие баллы у студентов ФФК и С, а по некоторым – у ФСП и П. Также обращаем внимание на различный уровень процентильного разброса (25–75%) у двух групп по определенным показателям, что указывает на разницу в однородности психологических особенностей между студентами двух факультетов. Например, по тесту Амтхауэра (субтест 3) выявлены более высокие результаты у студентов неспортивного профиля обучения, но вместе с тем отмечаем, что у целого ряда студентов данного профиля показатели по субтесту 3 находились на более низком уровне, чем у студентов спортивного профиля. Но поскольку ряд студентов ФСП и П имел очень высокие баллы по данному виду тестирования, то это сформировало их более высокий общий результат по данному заданию.

В таблице 31 также представлены данные по среднему баллу, полученному за первую зимнюю экзаменационную сессию у первокурсников обоих факультетов: I группа – 6,3 балла, II группа – 8 баллов ($p < 0,05$). То есть, студенты неспортивного профиля обучения показывали более высокие средние баллы, что свидетельствует о более высоком уровне их успеваемости в освоении учебной программы. А это можно рассматривать как важнейших индикатор, который указывает на верное направление в формировании специалиста высокого уровня.

Таблица 31 – Результаты сравнительного анализа компонентов психологической готовности студентов 1-го курса ФСП и П и ФФК и С (Me; 25%; 75%)

Компоненты		I группа	II группа	p-уровень
Мотивация	Приобретение знаний	10,8 [7,2; 11,4]	5,4 [4,2; 7,2]	$p=0,0001$
	Овладение профессией	8 [6; 9]	2,5 [0,0; 5,0]	$p=0,0001$
	Получение диплома	5,5 [5,5; 7,5]	5 [1,5; 7,3]	$p=0,0375$
Коммуникабельность		12 [9; 16]	12 [8,5; 13,5]	$p=0,5201$
Воля		21 [17; 22]	19,5 [16; 20]	$p=0,0549$
Тест Амтхауэра	Субтест 1	9 [7; 11]	12 [11; 14]	$p=0,0005$
	Субтест 3	11 [9; 12]	13 [11; 15]	$p=0,0032$
Сред. балл		6,3 [6,3; 7,6]	8 [7,1; 8,5]	$p=0,0099$

Примечание: достоверность различий по U-критерию Манна–Уитни.

Для объективизации полученных данных был осуществлен поиск корреляционных связей между изученными факторами и результатами успеваемости по итогам первой экзаменационной сессии студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей обучения (рисунок 21). В группе студентов неспортивного профиля обучения была выявлена сильная положительная корреляционная связь результатов успеваемости с результатами субтеста 3 теста Амтхауэра (0,760; $p<0,05$), а также средние положительные корреляционные связи с коммуникабельностью (0,332) и мотивацией к получению диплома (0,511; $p<0,05$). У студентов факультета физической культуры и спорта наблюдаются сильная положительная корреляционная связь результатов успеваемости с результатами субтеста 3 теста Амтхауэра (0,903; $p<0,05$) и средняя положительная корреляционная связь с волевым потенциалом личности (0,335; $p<0,05$). В обеих группах отмечается средняя отрицательная корреляционная связь между результатами успеваемости и мотивацией к овладению профессией.

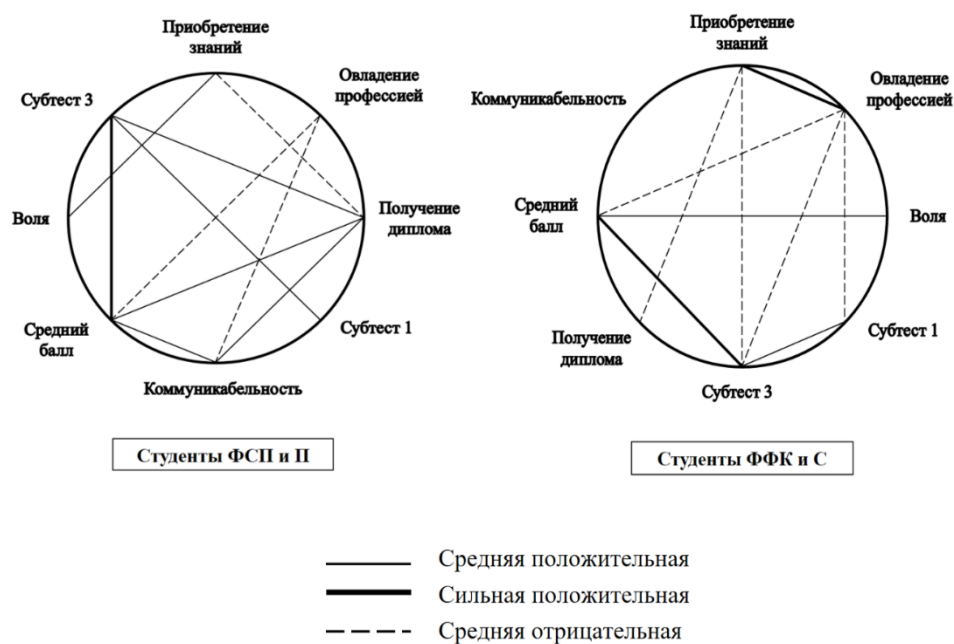


Рисунок 21 – Корреляционная плеяда взаимосвязей результатов успеваемости с компонентами психологической готовности у исследуемых студентов 1-го курса

Считается, что успешность подготовки студента-будущего специалиста зависит от его готовности к обучению в УВО: способности быстро включаться в деятельность, способности оптимальной реализации и высокой продуктивности, возможности эффективно осуществлять деятельность в сложных, динамически меняющихся ситуациях [139]. Следовательно, необходимо проводить диагностику исходного уровня сформированности компонентов готовности студентов-первокурсников к обучению в УВО с целью выявления недостаточно развитых компонентов готовности. Обладая данной информацией, необходимо привлекать студентов с выявленными недостатками к мероприятиям, направленным на коррекцию и повышение уровня психологической готовности, что позволит повышать эффективность учебного процесса и, соответственно, на выходе из университета формировать специалиста более высокого уровня.

Таким образом, проведена оценка и изучены особенности готовности студентов 1-го курса спортивного и неспортивного профилей к обучению в УВО по данным функционального состояния организма и показателям психологической готовности.

Данные временного анализа вариабельности сердечного ритма указывают на более напряженный уровень функционирования регуляторных систем студентов неспортивного профиля, что можно рассматривать как фактор, негативно сказывающийся на успеваемости в учебе, а также на состоянии здоровья. Вместе с тем волновой анализ сердечного ритма указывает на то, что низкочастотные компоненты сердечного ритма преобладают в обеих группах испытуемых, что свидетельствует о значительном вкладе симпатической нервной системы в функционирование их организма. Однако у студентов неспортивного профиля преобладающими являются вазомоторные волны (LF), а у группы

спортсменов наибольший вклад в регуляцию вносят очень низкочастотные волны (VLF), которые отражают гуморально-метаболические влияния.

Анализ реакции вегетативного баланса на дозированную физическую нагрузку, а также его скорости восстановления до исходных позволил установить более благоприятное соотношение групп по уровню функционального состояния организма у студентов спортивного профиля обучения. Данное соотношение характеризуется преобладанием студентов с высоким уровнем функционального состояния организма и небольшим количеством студентов с его низким уровнем. Вместе с тем отмечаем, что лиц с очень высоким уровнем функционального состояния организма было мало как у представителей спортивного профиля обучения – 11%, так и у неспортивного – 9%. В одинаковых группах по уровню функционального состояния организма между двумя факультетами наблюдаются схожие исходные значения индекса напряжения, а также их динамика после выполнения 20 приседаний за 30 секунд.

Данные оценки личностной составляющей готовности студентов 1-го курса специальностей спортивного и неспортивного профилей к обучению в УВО также позволили установить некоторые особенности. По результатам 1 и 3 субтестов теста Амтхауэра 62% обследованных первокурсников обладают высоким уровнем индуктивно-вербального мышления, а 68,5% студентов – высоким уровнем понятийного мышления, который вполне достаточен для освоения программы УВО. Первокурсники как спортивного, так и неспортивного профиля обучения в большей степени ориентированы на приобретение знаний (68,5% от общего числа обследованных), но в дополнение к этому студенты факультета социальной педагогики и психологии имеют высоковыраженную мотивацию на диплом. Мотивация является варибельным компонентом психологической готовности и требует подкрепления через психологическое сопровождение начиная с 1-го курса обучения, где начинается закладка профессионализма.

Студенты 1-го курса обоих профилей обладают высоким уровнем коммуникабельности, и вместе с тем у студентов неспортивного профиля прослеживается сильная положительная связь уровня коммуникабельности с результатами успеваемости. А студенты факультета физической культуры и спорта характеризуются более высоким волевым потенциалом, который положительно коррелирует с показателями успеваемости и находится на значительно более высоком уровне, чем у студентов, не занимающихся спортом.

Полученные результаты выражаются в определении конкретного уровня готовности к получению I ступени высшего образования, которые необходимо использовать для оптимизации психологического сопровождения будущих специалистов, что позволит повысить эффективность учебного процесса и, соответственно, формировать более компетентного в своей области специалиста. Вместе с тем необходимо обязательно учитывать специфику специальности, которую осваивает студент, поскольку для каждой специальности может быть свой ведущий компонент готовности, который должен становиться неким базисом для успешного освоения учебной программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на большую разработанность направления, связанного с оценкой функционального состояния организма, развитие современных информационных технологий, а также появление новых знаний о закономерностях функционирования человеческого организма, толкает исследователей на разработку более новых и совершенных способов оценки функционального состояния организма.

Для оценки ФС организма наиболее часто применяются показатели, характеризующие деятельность одной или нескольких физиологических систем. Наиболее распространенной системой, деятельность которой используется для оценки ФС организма, является вегетативная нервная система. Именно ее исследование весьма целесообразно и оправдано. Данная целесообразность основывается на нескольких основных позициях: во-первых – изменения в данной регуляторной системе могут задолго предшествовать развитию предпатологических состояний и серьезных отклонений, во-вторых – сердечный ритм, который зачастую и используется для изучения ВНС, является индикатором эффективности и уровня функционирования всего организма в целом.

В большинстве случаев простое исследование особенностей вегетативной регуляции само по себе может быть достаточно эффективным для оценки состояния организма. Однако его применение не всегда объективно для оценивания функционального состояния организма в целом, поскольку не позволяет получить информацию о том уровне функционирования, на котором поддерживается то кажущееся благополучие или же некоторая напряженность, а это является принципиально важным для оценки ФС организма. Специалисты в области спортивной медицины отмечают, что анализ вегетативной регуляции сердечного ритма лишь в состоянии относительного покоя не позволяет с полной объективностью и достоверностью оценивать состояние регуляторных систем. Чтобы иметь объективную информацию, необходимо дополнительно исследовать вегетативную регуляцию ритма сердца при функциональных пробах.

Поэтому для оценки ФС в нашей работе используется функциональная проба, которая позволяет оценить эффективность функционирования как отдельной физиологической системы, так и всего организма в целом. Проба Мартине–Кушелевского – это проба с дозированной физической нагрузкой в виде 20 приседаний за 30 секунд. Она является достаточно простой в выполнении и легко стандартизированной для различных людей. Вместе с тем она за короткий промежуток времени позволяет провести мобилизацию функциональной системы организма, которая будет обеспечивать его приспособление в условиях выполнения физической нагрузки. А для нас эти данные являются отличными критериями, по которым можно оценить

реакцию организма на физическую нагрузку, а также скорость восстановления после нее. Следовательно, пробу Мартине–Кушелевского при интерпретации ее результатов методами вариабельности сердечного ритма целесообразно использовать как одно из высокоинформативных и неинвазивных средств комплексной диагностики ФС организма.

Проведено исследование особенностей изменения гемодинамических характеристик после выполнения пробы Мартине–Кушелевского у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом. Обе группы испытуемых имели нормотонический тип реакции на нагрузку. Однако группа спортсменов демонстрировала более адекватный с точки зрения экономизации способ адаптации организма к предлагаемой физической нагрузке. Механизм регуляции кровообращения после нагрузки у спортсменов осуществляется, в большей степени за счет увеличения систолического АД и УОК, а у лиц контрольной группы – за счет повышенного показателя ЧСС. В ответ на выполнение пробы обе группы испытуемых характеризовались усилением влияния симпатического отдела ВНС, но показатели после восстановления и исходные уровень у спортсменов на стороне выраженного парасимпатического влияния, а у представителей, не занимающихся спортом, на стороне симпатического. Также у обеих групп отмечается наличие специфических особенностей взаимосвязи показателей центральной гемодинамики как в исходном состоянии, так и в процессе восстановления после нагрузки. Группа спортсменов характеризуется большим количеством средне-сильных взаимосвязей, чем группа не занимающихся спортом, что указывает на высокий уровень синхронизации функционирования различных компонентов кровообращений для данной группы. В процессе восстановления наблюдались различные перестройки взаимосвязей показателей центральной гемодинамики, но после 4-х минут восстановления обе группы возвращались к исходной структуре взаимосвязей.

Изучение показателей физического состояния и ВСР у групп спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, при проведении пробы с физической нагрузкой позволило выявить некоторые особенности. Так, изменения показателей физического состояния после пробы у спортсменов выражаются в увеличении их значений, а у второй группы испытуемых, напротив, наблюдается снижение значений некоторых показателей, характеризующих физическое состояние их организма. У лиц, не занимающихся спортом, отмечено преобладание в спектре низкочастотных компонентов (LF), что подтверждает значительный вклад симпатического звена ВНС в их функционирование. Испытуемые, относящиеся к группе спортсменов, демонстрируют значения, приближенные к вегетативному балансу. Поэтому с позиции уровня экономизации как в покое, так и после нагрузочной пробы, а также эффективности мобилизации ресурсов, необходимых для адаптации к предъявляемой нагрузкой требованиям, спортсмены имеют более оптимальные значения показателей.

Вместе с тем необходимо объяснить, почему большинство рассматриваемых показателей ВСР после выполнения пробы Мартине–Кушелевского характеризовалось более высокими значениями, чем в исходном состоянии. Это, по-видимому, объясняется следующим образом: при индивидуальном рассмотрении ритмограмм в процессе восстановления после пробы отмечается наличие «кривой восстановления». То есть непосредственно после выполнения пробы отмечаются низкий уровень ВСР и высокая ЧСС, но в дальнейшем у большинства участвующих в исследовании студентов наблюдаются повышение ВСР и снижение частоты сердечных сокращений (восстановление). Поскольку данные после пробы берутся средние за 300 кардиоинтервалов, то это обуславливает более высокие значения расчетных показателей ВСР. Стоит отметить, что чем более высокая скорость восстановления после пробы, тем больший прирост показателей ВСР относительно исходного. Следовательно, чем большие значения после выполнения пробы мы наблюдали у испытуемого, тем более высокой скоростью восстановления после физической нагрузки он характеризуется. Однако здесь есть вероятность получения ложной интерпретации, следовательно, при разработке способа оценки ФС организма (глава 3) этот недостаток будет устранен.

Рассмотрены особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении пробы Мартине–Кушелевского у лиц с различным исходным вегетативным статусом. Наиболее оптимальным вегетативным статусом с точки зрения уровня экономизации и адаптационного потенциала обладают лица с ваготоническим типом регуляции. У них наблюдается наиболее высокая скорость восстановления после выполненной физической нагрузки, которая выражается в более высоких показателях физического состояния как после пробы, так и в исходном состоянии. Направленность изменений спектральных характеристик сердечного ритма у данной группы сводится к возрастанию энергометаболических влияний (%VLF), что, по-видимому, является наиболее оптимальным путем обеспечения процесса восстановления. Также для них характерна сбалансированность между симпатическим и парасимпатическим звеньями регуляции, что указывает на оптимальное функционирование регуляторных систем. Лица с симпатотоническим типом вегетативной регуляции имеют менее благоприятную тенденцию. Имея исходно более низкие значения показателей физического состояния, у них отмечено выраженное преобладание в спектре низкочастотных компонентов, что наряду с другими показателями ВСР подтверждает значительный вклад симпатического звена ВНС в регуляцию их СР. В ответ на пробу у них наблюдается повышение процентного вклада %HF в общий спектр мощности, что, по-видимому, отражает неспособность эффективной адаптации к нагрузке по причине исходно высоких симпатических влияний и обуславливает более медленную скорость восстановления после нагрузки. То есть при интерпретации результатов проведения

функциональных проб важным фактором является исходный вегетативный статус, в зависимости от которого реакция на пробу может отличаться.

Разработан способ оценки функционального состояния организма, основанный на оценке вегетативного баланса в покое, его реактивности в ответ на пробу Мартине–Кушелевского и скорости восстановления вегетативного баланса после нее. Выделены 3 типа динамики вегетативного баланса в ответ на пробу: оптимальный, неоптимальный и парадоксальный. Разработана нормативная классификация групп по уровню ФС. Выделены 4 группы по уровню ФС: низкое, среднее, высокое и очень высокое. Низкое ФС заключено у лиц с выраженной активностью симпатического отдела ВНС и центрального контура в регуляции как в исходном состоянии, так и после пробы. Динамика изменения вегетативного баланса после пробы у этих испытуемых неоптимальна или парадоксальна. В группу с высоким ФС отнесены испытуемые с низкой активностью симпатического звена ВНС, т.е. у которых в покое наблюдался вегетативный баланс. В ответ на пробу они показывают оптимальный тип реакции и восстановления либо парадоксальный, исключая патологию по данным других показателей. Группа с очень высоким ФС характеризуется крайне высокой активностью парасимпатического отдела ВНС и автономного контура в регуляции сердечным ритмом. Данную группу нужно оценивать с большой внимательностью, поскольку у них наблюдается погранично выраженная активность вагуса в регуляции сердечным ритмом.

Предлагаемый способ оценки ФС организма можно применять как в одиночном использовании, так и в комплексе с другими методиками для решения целого ряда прикладных задач.

Так, в работе представлена теоретическая модель способа оценки функциональной готовности организма спортсмена. Она может быть использована в качестве способа динамического контроля за функциональной готовностью спортсменов, эффективностью учебно-тренировочного процесса и рациональностью построения тренировочных циклов при подготовке спортсмена к соревнованиям. Данный способ включает в себя оценку функционального компонента готовности и психологического. Преимуществами данного способа являются высокая информативность полученных результатов и небольшие временные затраты. За 15 минут будет дана характеристика вегетативного баланса спортсмена, а также его реактивности в ответ на ортостаз, скорости восстановления после дозированной физической нагрузки, эмоционального и потребностно-мотивационного компонентов психологической готовности к соревнованиям, а также уровня тревожности, который должен рассматриваться как важный маркер психологического состояния спортсмена.

С применением данного способа были выявлены особенности функциональной готовности организма спортсменов-легкоатлетов в подготовительном

и основном периодах тренировочного процесса. У трех обследованных спортсменов выявлены различные отклонения в реакциях на пробы: неадекватная реакция на ортостаз, недовосстановление исходного состояния за 3 минуты после пробы с физической нагрузкой, а также снижение уровня тревожности в основном периоде. Однако три других спортсмена, по нашему мнению, основанному на результатах проведенных исследований, функционально и психологически готовы к успешному выступлению на соревнованиях. Они показали нормальную реакцию на ортостатическую пробу, оптимальную динамику восстановления после пробы Мартине–Кушелевского, приемлемое соотношение при распределении мотивов занятий спортом, а также оптимальное изменение уровня тревожности в основном периоде подготовки.

Предложен способ оценки готовности студентов к обучению в УВО, который включает в себя два компонента. С одной стороны, для нормальной адаптации к условиям обучения в УВО, а также эффективного освоения учебной программы необходим высокий уровень ФС организма. С другой стороны, помимо ФС организма успешность обучения студентов зависит от большого количества других факторов, среди которых индивидуальные психологические особенности студентов, включающие в себя личностные и интеллектуальные составляющие, играют ведущую роль. Следовательно, для оценки готовности студентов к обучению в УВО целесообразно оценивать уровень ФС организма, а также некоторые личностные и интеллектуальные особенности: мотивационная готовность, готовность в общении, волевая готовность, мышление.

С целью изучения особенностей готовности к обучению студентов 1-го курса специальностей спортивного и неспортивного профилей к обучению в УВО был использован разработанный способ. Анализ изменения вегетативного баланса после пробы с физической нагрузкой позволил установить более благоприятное соотношение групп по уровню ФС организма у студентов спортивного профиля обучения. По данным психологической готовности также выявлены некоторые особенности между студентами разных специальностей. В мотивации на обучение первокурсники как спортивного, так и неспортивного профиля обучения ориентированы на приобретение знаний. Студенты обоих профилей характеризуются высоким уровнем коммуникабельности, а у студентов неспортивного профиля отмечена еще и сильная положительная корреляция уровня коммуникабельности с результатами успеваемости в период первой сессии. Студенты спортивного факультета характеризуются более высоким волевым потенциалом, который положительно коррелирует с показателями успеваемости и находится на значительно более высоком уровне, чем у студентов, не занимающихся спортом.

Таким образом, проведена попытка объединения общепринятого способа изучения состояния регуляторных механизмов – вариабельности

сердечного ритма и классической пробы Мартине–Кушелевского с целью разработки простого в использовании, но в то же время объективного и широкоинформативного способа оценки ФС организма. Для получения большего количества информации о ФС организма, безусловно, можно использовать и дополнительные к данному способу методики. Но в то же время нужно помнить о том, что мы нуждаемся в быстром и неинвазивном способе оценки ФС, который можно было бы использовать еженедельно или даже ежедневно. Оптимально выдержать это равновесие является одной из самых трудных проблем, которые встают при разработке способов оценки функционального состояния организма.

Основной областью, которой будет интересно применение предлагаемого способа, должны быть диспансеры спортивной медицины, осуществляющие контроль за функциональной готовностью организма спортсмена к тренировочному процессу и соревнованиям. Другие возможные области использования: кабинеты функциональной диагностики, научно-практические центры спортивной медицины, спортивные клубы, спортивные школы, оздоровительные центры, фитнес-центры. Кабинеты функциональной диагностики с помощью данного подхода могут проводить наблюдение за состоянием здоровья пациентов, оценивать эффективность лечения, выявлять пациентов, нуждающихся в дополнительном клиническом обследовании. Вместе с тем применение способа оценки готовности студентов к обучению в различных учебных заведениях делает его весьма интересным для широкого круга специалистов, занимающихся подобными проблемами в учебных заведениях.

Помимо результатов, касающихся теоретической и практической части предлагаемого способа оценки функционального состояния организма, в работе представлены данные о прикладном использовании данного способа, что, мы надеемся, вызовет интерес у специалистов широкого круга специальностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Роженцов, В.В. Утомление при занятиях физической культурой и спортом: проблемы, методы исследований: монография / В.В. Роженцов, М.М. Полевшиков. – М.: Совет. спорт, 2006. – 280 с.
2. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин. – М.: Наука, 2000. – 40 с.
3. Кудря, О.Н. Оценка функционального состояния и физической подготовленности спортсменов по показателям вариабельности сердечного ритма / О.Н. Кудря // Вестн. Новосиб. гос. пед. ун-та. – 2014. – № 1(17). – С. 185–196.
4. Кудря, О.Н. Физиологические особенности вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов: дис. ... д-ра биол. наук: 03.03.01 / О.Н. Кудря; Сиб. гос. мед. ун-т МЗ РФ. – Томск, 2012. – 320 л.
5. Парахонский, А.П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма / А.П. Парахонский // Естественно-гуманитарные исследования. – 2014. – № 3(5). – С. 124–132.
6. Гаврилова, Е.А. Использование вариабельности ритма сердца в оценке успешности спортивной деятельности / Е.А. Гаврилова // Практическая медицина. – 2015. – Т. 1. – С. 52–57.
7. Шубик, Ю.В. Суточное мониторирование ЭКГ при нарушениях ритма и проводимости сердца / Ю.В. Шубик. – СПб.: ИНКАРТ, 2001. – 216 с.
8. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования): монография / Ф.А. Иорданская. – М.: Совет. спорт, 2011. – 142 с.
9. Шлык, Н.И. Оценка качества тренировочного процесса у спортсменов на основе экспресс-анализа вариабельности сердечного ритма с учетом индивидуального типа регуляции / Н.И. Шлык, Е.С. Лебедев, О.С. Вершинина // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 2. – С. 18–20.
10. Тишутин, Н.А. Возможности и ограничения в применении сверхкоротких записей вариабельности сердечного ритма / Н.А. Тишутин, И.Н. Рубченок // Науч. вестн. Акад. физ. культуры и спорта. – 2021. – Т. 3, № 4. – С. 42–49.
11. Хватова, М.В. Функциональное состояние человека как интегральная характеристика / М.В. Хватова // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер.: Гуманитар. науки. – 2008. – № 3(59). – С. 22–27.
12. Линдсли, Д.Б. Ретикулярная система и процесс раздельного восприятия / Д.Б. Линдсли // Ретикулярная формация мозга. – М.: Медгиз, 1962. – С. 451–470.

13. Ильин, Е.П. Болевые точки отечественной психологии (полемиические заметки) / Е.П. Ильин // Вестн. Герцен. ун-та. – 2008. – № 6(56). – С. 9–14.
14. Методы контроля функционального состояния организма тренирующихся спортсменов по показателям кислотно-основного состояния крови / В.Д. Кряжев [и др.] // ACTUALSCIENCE. – 2016. – Т. 2, № 9. – С. 14–15.
15. Рябчук, А.В. Адаптационные изменения функционального состояния при занятиях гиревым спортом у курсантов военного института: дис. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / А.В. Рябчук. – Тюмень, 2012. – 123 л.
16. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система в онтогенезе при адаптации к функциональным нагрузкам / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин. – Казань: Отечество, 2016. – 200 с.
17. Нахамчен, Л.Г. Кардиоритмография в оценке функционального состояния организма / Л.Г. Нахамчен // Бюллетень. – 1999. – Вып. 5. – С. 36–44.
18. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения [Heart rate variability: the experience of the practical application of the method]. – Иваново: Иван. гос. мед. акад., 2002. – 290 с.
19. Алейникова, Т.В. Вариабельность сердечного ритма (обзор литературы) / Т.В. Алейникова // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. – № 1(31). – С. 17–23.
20. Кулмагамбетов, И.Р. Оценка функциональных резервов вегетативной нервной системы на основе анализа нелинейных показателей сердечного ритма / И.Р. Кулмагамбетов, Б.К. Койчубеков // Медицина и экология. – 2008. – № 4(49). – С. 100–105.
21. Граевская, Н.Д. Спортивная медицина: курс лекций и практические занятия / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М.: МГАФК, 2004. – 304 с.
22. Ключников, М.С. Интегральные неинвазивные технологии в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов: дис. ... канд. биол. наук: 14.03.11 / М.С. Ключников. – М., 2017. – 140 л.
23. Функциональные пробы в оценке адаптации организма к физическим нагрузкам: метод. пособие / И.Н. Деркач [и др.]. – Витебск: Витеб. гос. мед. ун-т, 2012. – 36 с.
24. Агафонова, Л.В. Нагрузочная кардиология: результаты работы и их обсуждение / Л.В. Агафонова, Н.В. Заикина // Рос. мед.-биол. вестн. имени акад. И.П. Павлова. – 2012. – № 1. – С. 81–86.
25. Школьник, Е.Л. Пробы с дозированной физической нагрузкой в кардиологии / Е.Л. Школьник // Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. – 2017. – № 1(12). – С. 55–59.
26. Грошилин, С.М. Динамические критерии нормобарической гипоксической пробы / С.М. Грошилин // Изв. высш. учеб. завед. Сев.-Кавказ. регион. Естеств. науки. – 2015. – № 3. – С. 114–117.
27. Определение артериального давления по тонам Короткова при наличии «аускультативного провала» / В.М. Тихоненко [и др.] // Артериальная гипертензия. – 2019. – Т. L(25), № 1. – С. 90–96.

28. Скорость вработывания и восстановления – критерии эффективности выполнения конькобежцами нагрузок различной интенсивности / Е.А. Ширковец [и др.] // Вестн. спорт. науки. – 2016. – № 6. – С. 15–19.
29. Ерохин, А.Н. Двигательная активность и функциональное состояние вегетативной нервной системы / А.Н. Ерохин, А.В. Грязных, Ю.С. Менщикова // Человек. Спорт. Медицина. – 2005. – Т. 1, № 4(44). – С. 341–343.
30. Роль нарушений вегетативного равновесия в развитии патологии при высоких физических нагрузках в детско-юношеском спорте (обзор литературы) / А.Г. Пономарева [и др.] // Вестн. спорт. науки. – 2018. – № 2. – С. 37–41.
31. Бочаров, М.В. Взаимосвязь регуляторных механизмов сердечной деятельности и системы крови у юных спортсменов-борцов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.03.11 / М.В. Бочаров. – М., 2016. – 24 с.
32. Курбанова, И.М. Функциональное состояние вегетативной нервной и сердечно-сосудистой систем у юных спортсменов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.09 / И.М. Курбанова. – Иваново, 2002. – 23 с.
33. Котова, Е.А. Показатели вегетативной регуляции сердечной деятельности как критерий оценки состояния спортивной формы / Е.А. Котова // Медико-биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни: сб. науч. ст. Всерос. заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Г.В. Бугаева, И.Е. Поповой. – Воронеж, 2012. – С. 106–110.
34. Бушуева, Т.В. Диагностическая значимость физиологических показателей в системе оценки функциональных возможностей и текущего состояния пловцов-спринтеров / Т.В. Бушуева // Физическая культура, спорт – наука и практика. – 2014. – № 3. – С. 51–55.
35. Пономарева, А.Г. Коррекция функциональных нарушений речи, сердечно-сосудистой и дыхательной систем у детей младшего школьного возраста путем использования новых технологий тренировки мышц лица / А.Г. Пономарева, А.М. Беляева // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2010. – № 8. – С. 35–41.
36. Стоматологическое и соматическое здоровье юных спортсменов / А.Г. Пономарева [и др.]. – Balti: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 148 с.
37. Разработка критериев оценки функционального состояния спортсменов-юниоров для создания электронных медицинских карт / А.Г. Пономарева [и др.] // Ремедиум. – 2016. – № 7–8. – С. 36–39.
38. Кривошапов, М.В. Комплексная оценка функционального состояния организма студентов 16–18 лет и коррекция его нарушений: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51 / М.В. Кривошапов. – М., 2009. – 23 с.
39. Бочаров, М.В. Взаимосвязь регуляторных механизмов сердечной деятельности и системы крови у юных спортсменов-борцов: дис. ... канд. биол. наук: 14.03.11 / М.В. Бочаров. – Ярославль, 2016. – 111 л.

40. Влияние фитокомпозиций серии «Русская природная аптека» на состояние вегетативного равновесия у студентов / А.В. Беляева [и др.] // Традиционная медицина. – 2008. – № 4. – С. 30–32.
41. Полтавская, Е.Ю. Влияние окружающей среды на физиологические показатели спортсменов, тренирующихся в различных спортивных помещениях, и фитокоррекция возникающих нарушений: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11 / Е.Ю. Полтавская. – М., 2011. – 24 с.
42. Вегетативная устойчивость в спорте / С.В. Яхонтов [и др.] // Вестн. ТГПУ. – 2015. – № 3(156). – С. 224–231.
43. Дифференцированные программы физического воспитания подростков 15–17 лет, обучающихся в вузе, с учетом особенностей их вегетативной регуляции / Н.Н. Нежкина [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – № 4(112). – С. 23–27.
44. Васильева, О.Ю. Соотношение нормотоников к симпатотоникам и ваготоникам среди студентов педиатрического университета / О.Ю. Васильева, Д.А. Немчанинова // Forcipe. – 2021. – Т. 4, № 1. – С. 584.
45. Кононец, И.Е. Вариабельность ритма сердца и вегетативная регуляция у учащихся колледжа различных специализаций / И.Е. Кононец, А.А. Калыкеева // Междунар. журн. прикл. и фундамент. исследований. – 2018. – № 12–1. – С. 42–46.
46. Рязанов, В.Н. Факторная структура спортивной подготовленности пауэрлифтеров массовых разрядов / В.Н. Рязанов // Фундамент. исследования. – 2012. – № 11–4. – С. 887–889.
47. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study / V. Pichot [et. al] // Medicine and science in sports and exercise. – 2002. – V. 34, № 10. – P. 1660–1666.
48. Скуратова, Н.А. Значение ортостатических тестов и пробы с реактивной гиперемией в обследовании юных спортсменов / Н.А. Скуратова, Л.М. Беляева // Мед. новости. – 2011. – № 9. – С. 75–79.
49. Оценка функциональных способностей человека с помощью функциональных проб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intranet.tdmu.edu.ua>. – Дата доступа: 26.11.2021.
50. Прокопьев, Н.Я. Спортивная медицина: подходы к оценке индекса Робинсона и функциональной пробы Мартинэ-Кушелевского / Н.Я. Прокопьев // Стратегия формирования здорового образа жизни средствами физической культуры и спорта: опыт, перспективы развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Тюмень, 16–19 нояб. 2012 года. – Тюмень, 2013. – С. 116–119.
51. Кабачкова, А.В. Функциональное тестирование: пробы с физическими нагрузками / А.В. Кабачкова, А.Н. Захарова: учеб.-метод. пособие. – Томск: Изд.-во Томс. гос. ун-та, 2021. – 38 с.
52. Михайлова, С.В. Оценка функционального состояния студентов по результатам степ-теста и пробы Мартинэ-Кушелевского / С.В. Михайлова,

Ю.Г. Кузмичев, Н.В. Жулин // Образоват. вестн. «Сознание». – 2016. – Т. 18, № 12. – С. 36–39.

53. Длительность элементов электрокардиограммы детей 6–7 лет в ответ на пробу Мартине / Л.И. Иржак [и др.] // Междунар. журн. прикл. и фундамент. исследований. – 2017. – № 12–1. – С. 103–107.

54. Коряковская, Н.В. Кибернетическая модель процесса определения функциональной пробы Мартине / Н.В. Коряковская, С.А. Малышева // Вестн. междунар. Ин-та управления. – 2015. – № 5–6 (135–136). – С. 94–98.

55. Характеристики центральной и периферической гемодинамики у лыжников-гонщиков 13–15 лет на специально-подготовительном этапе при выполнении функциональной пробы с физической нагрузкой (проба Мартине) / А.В. Куприянов [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 20–24.

56. Калинин, Я.В. Использование средств оздоровительной аэробики в коррекции показателей сердечно-сосудистой системы студенток / Я.В. Калинин, В.И. Сютина // Вест. Тамбов. ун-та. Сер.: Гуманитар. науки. – 2014. – № 7(135). – С. 54–61.

57. Изменение морфофункциональных показателей и показателей вариабельности сердечного ритма взрослого человека под действием физической нагрузки / С.Н. Лычагина [и др.] // Естественные науки. – 2014. – № 4(49). – С. 54–58.

58. Реакции сердечно-сосудистой системы на пробу Мартинэ-Кушелевского у здоровых и слабослышащих единоборцев / С.В. Романова [и др.] // Учен. записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 7(137). – С. 116–121.

59. Аикин, В.А. Использование функциональных проб для оценки состояния сердечно-сосудистой системы у детей, занимающихся дайвингом / В.А. Аикин // Омск. науч. вестн. – 2011. – № 1(104). – С. 158–161.

60. Функциональные пробы в медицине спорта: положительные и отрицательные стороны их проведения / Е.Л. Михалюк [и др.] // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2010. – Вип. XXIII, № 1. – С. 93–96.

61. Гаврилова, Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт / Е.А. Гаврилова // Физиология человека. – 2016. – Т. 2, № 5. – С. 121–129.

62. Парин, В.В. Введение в медицинскую кибернетику / В.В. Парин, Р.М. Баевский. – М.: Медицина, 1966. – 150 с.

63. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / Р.М. Баевский [и др.] // Вестн. аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.

64. Гаврилова, Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография / Е.А. Гаврилова. – М.: Sport, 2015. – 167 с.

65. Вариабельность сердечного ритма: Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа

Европейского кардиолог. о-ва и Северо-Американского о-ва стимуляции и электрофизиологии // Вестн. аритмологии. – 1999. – № 11. – С. 53–78.

66. Гаврилова, Е.А. Ритмокардиография в спорте: монография / Е.А. Гаврилова. – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2014. – 164 с.

67. Шлык, Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. – Ижевск: Филиал изд-ва Нижегород. ун-та, 2009. – 255 с.

68. Оценка вегетативного управления сердцем на основе спектрального анализа вариабельности сердечного ритма / А.Р. Киселев [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 37–43.

69. Доева, А.Н. Оценка гемодинамических показателей у борцов / А.Н. Доева, З.А. Гагиева // Вестн. Адыг. гос. ун-та. – 2016. – № 2(181). – С. 99–102.

70. Колчина, Е.Ю. Влияние комплексных ступенчатых нагрузок на показатели кардиореспираторной системы у студентов-спортсменов / Е.Ю. Колчина // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 207–218.

71. Федоров, Н.А. Влияние типологических особенностей кровообращения на показатели кардиореспираторной системы спортсменов при нагрузке повышающей мощности / Н.А. Федоров, Ю.С. Ванюшина, Д.Е. Елистратов // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2018. – Т. 13, № 3. – С. 199–206.

72. Starr, Y. Clinical test as simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age / Y. Starr // Circulation. – 1954. – № 9. – P. 664.

73. Способ интегрального определения показателей Центральной гемодинамики: № 2005132657/14: пат. RU № 2308878 С2 / Л.Е. Мурашко, Ф.С. Бадоева, С.Б. Петрова, М.С. Губарева. – Оpubл. 27.10.2007.

74. Чазов, Е.И. Болезни сердца и сосудов. Руководство для врачей / Е.И. Чазов. – М., 1992. – Т. 1. – 164 с.

75. Окулов, Т.С. Реакция сердечно-сосудистой системы на дозированные изометрические нагрузки у квалифицированных спортсменов / Т.С. Окулов, М.Н. Кондратьева, С.Л. Совершаева // Экология человека. – 2009. – № 2. – С. 50–52.

76. Окулов, Т.С. Дифференцированная оценка показателей центральной гемодинамики в условиях силовой тренировки / Т.С. Окулов, А.В. Кочнев // Вестн. Поморс. ун-та. Сер.: Естеств. науки. – 2008. – № 2. – С. 23–29.

77. Кучеренко, К.Н. Клинико-физиологический анализ адаптационного статуса системы кровообращения и рисков кардиоваскулярной патологии при различной выраженности коронарного поведения типа А / К.Н. Кучеренко, В.И. Беляков // Вестн. мед. ин-та «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2018. – Т. 31, № 1. – С. 102–110.

78. Тишутин, Н.А. Особенности изменения гемодинамических показателей в ответ на пробу Мартине-Кушелевского / Н.А. Тишутин // XIII Машиеровские чтения: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 18 окт. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 469–470.

79. Тишутин, Н.А. Влияние дозированной физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему спортсменов различной квалификации в условиях северного региона Республики Беларусь / Н.А. Тишутин, О.Н. Малах, Т.Ю. Крестьянинова // Медико-физиологические основы спортивной деятельности на Севере: материалы докл. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Сыктывкар, 24–25 окт. 2019 г. / ФИЦ Коми НЦ УрО РАН; редкол.: Е.Р. Бойко, И.О. Гарнов. – Сыктывкар, 2019. – С. 75–78.

80. Тишутин, Н.А. Анализ состояния и реактивности гемодинамических показателей у спортсменов в ответ на дозированную физическую нагрузку / Н.А. Тишутин, О.Н. Малах, Т.Ю. Крестьянинова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Е, Пед. науки. – 2020. – № 7. – С. 141–145.

81. Сравнительная характеристика уровня функциональных резервов сельских и городских школьников / С.В. Михайлова [и др.] // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 8(40). – С. 48–60.

82. Алгоритм диагностического применения программно-аппаратного комплекса «Омега-С» в спортивной медицине: монография / Ю.Э. Питкевич [и др.]. – Гомель: Гомел. гос. мед. ун-т, 2010. – 160 с.

83. Типологические особенности функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) / Н.И. Шлык [и др.] // Физиология человека. – 2009. – № 6. – С. 85–93.

84. Жемайтите, Д.И. Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограмм: дис. ... д-ра мед. наук / Д.И. Жемайтите. – Каунас: Мед. ин-т, 1972. – 285 л.

85. Тишутин, Н.А. Интерпретация результатов пробы Мартине-Кушелевского методами вариабельности сердечного ритма как способ оценки функционального состояния организма / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич // Физическая культура, спорт и здоровье в современном обществе: сб. науч. ст. Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. / под ред.: А.В. Сысоева, О.Н. Савинковой, И.В. Смольяновой. – Воронеж, 2019. – С. 363–372.

86. Тишутин, Н.А. Особенности функционального состояния организма под воздействием дозированной физической нагрузки по данным вариабельности сердечного ритма / Н.А. Тишутин // Здоровьесбережение как инновационный аспект современного общества: материалы V Междунар. науч.-практ. заоч. студ. конф. / под ред. С.А. Медведевой. – Екатеринбург, 2019. – С. 393–398.

87. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
88. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
89. Чуян, Е.Н. Комплексный подход к оценке функционального состояния организма студентов / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева // Учен. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. – 2008. – Т. 21(60), № 1. – С. 123–140.
90. Питкевич, Э.С. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма при выполнении пробы Мартине-Кушелевского у лиц с различным исходным вегетативным статусом / Э.С. Питкевич, Н.А. Тишутин // Физическая культура и спорт в современном мире: к 70-летию факультета физической культуры: сб. науч. ст. / редкол.: Г.И. Нарский (гл. ред.) [и др.]. – Гомель, 2019. – С. 489–494.
91. Тишутин, Н.А. Изменение функционального состояния организма после пробы Мартине-Кушелевского у лиц с выраженным преобладанием автономной регуляции / Н.А. Тишутин // Актуальные проблемы физического воспитания и спортивной тренировки: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.А. Барков, Л.Г. Харазян. – Гродно, 2019. – С. 189–192.
92. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
93. Меерсон, Ф.З. Физиология адаптационных процессов: руководство по физиологии / Ф.З. Меерсон. – М.: Наука, 1986. – 635 с.
94. Перспективы диагностического применения программно-аппаратных комплексов «Омега» для оценки функционального состояния организма учащихся и спортсменов / Э.С. Питкевич [и др.]. – Гомель: Гомел. гос. мед. ун-т, 2011. – 216 с.
95. Оценка адаптационных возможностей организма и задачи повышения эффективности здравоохранения / В.М. Баранов [и др.] // Экология человека. – 2004. – № 6. – С. 25–29.
96. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
97. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом с учетом индивидуальных характеристик вариабельности ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 6. – С. 81–92.
98. Тишутин, Н.А. Способ оценки функционального состояния организма по данным динамики восстановления вегетативного баланса после физической нагрузки / Н.А. Тишутин // Смолен. мед. альманах. – 2020. – № 1. – С. 276–280.

99. Тишутин, Н.А. Подход к оценке функционального состояния организма / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 72-й Регион. науч.-практ. конф. преподавателей, науч. сотрудников и аспирантов / редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 329–331.

100. Гулин, А.В. Особенности адаптации студентов-спортсменов и критерии прогноза развития у них дезадаптационных состояний в процессе обучения в вузе / А.В. Гулин, Д.В. Красичков // Культура физическая и здоровье. – 2009. – № 5. – С. 25–27.

101. Зеленцова, Е.В. Проблемы адаптации студентов-первокурсников в высшем учебном заведении (на примере Дальневосточного ГАУ) / Е.В. Зеленцова // Общество: социология, психология, педагогика. – 2016. – № 4. – С. 107–109.

102. Шлык, Н.И. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) / Н.И. Шлык // Наука и спорт: современные тенденции. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 5–15.

103. Schmied, C. Sudden cardiac death in athletes / C. Schmied, M. Borjeson // J. Internal Medicine. – 2014. – Vol. 275, № 2. – P. 93.

104. Мельник, С.Н. Особенности показателей сердечно-сосудистой системы студентов с различными типами саморегуляции кровообращения / С.Н. Мельник, В.В. Мельник // Проблемы здоровья и экологии. – 2019. – № 2(60). – С. 80–85.

105. Гречкина, Л.И. Донозологическая характеристика показателей гемодинамики у мальчиков-уроженцев города Магадана с разным типом саморегуляции кровообращения / Л.И. Гречкина // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 1(274). – С. 22–26.

106. Питкевич, Э.С. Оценка функционального состояния организма по данным изменения вегетативного баланса и параметров центральной гемодинамики / Э.С. Питкевич, Н.А. Тишутин // Весн. Віцеб. дзярж. ун-та. – 2020. – № 3(108). – С. 29–35.

107. Медико-психологические, социокультурные, возрастные и генетические аспекты изучения «стресс-коронарного» (к 60-летию концепции поведенческого типа А) / И.А. Мелентьев [и др.] // Лечебное дело. – 2019. – № 4. – С. 88–101.

108. Type A personality and mortality: Competitiveness but not speed is associated with increased risk / T. Lohse [et. al] // Atherosclerosis. – 2017. – Vol. 262. – P. 19–24.

109. Тишутин, Н.А. Особенности вегетативного статуса студенток с различным уровнем двигательной активности и учетом типа поведения / Н.А. Тишутин, И.Н. Рубчеля, А.В. Гичевский // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XXV Междунар. науч. конгр., Минск, 15–17 окт. 2020 г.:

в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Ч. 1. – С. 472–476.

110. Тишутин, Н.А. Вариабельность сердечного ритма в зависимости от типа поведения / Н.А. Тишутин, А.В. Гичевский // Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи: сб. науч. ст. / редкол.: П.И. Новицкий (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2020. – С. 238–242.

111. Тишутин, Н.А. К вопросу о современных исследованиях постурального баланса спортсменов / Н.А. Тишутин // Сборник научных статей молодых исследователей БГУФК, Минск, 19–30 апр. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – С. 102–107.

112. Ковалева, А.В. Исполнительные функции, вегетативные процессы и постуральный контроль: пилотное исследование на студентах спортивного вуза / А.В. Ковалева, А.И. Кузнецов // Материалы XXIII съезда Физиолог. о-ва им. И.П. Павлова с междунар. участием. – Воронеж, 2017. – С. 278–280.

113. Влияние психоэмоционального напряжения на постуральную устойчивость по показателям спектра статокинезиограммы и вариабельности сердечного ритма / И.И. Жильцова [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2018. – Т. 339, № 6. – С. 61–69.

114. Грибанов, А.В. Физиологические механизмы регуляции постурального баланса человека (обзор) / А.В. Грибанов, А.К. Шерстенникова // Вестн. Север. (Аркт.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. – 2013. – № 4. – С. 20–29.

115. Стрельникова, А.В. Стабилометрический тренинг в комплексной реабилитации пациентов с дорсопатиями поясничного отдела позвоночника после декомпрессивно-стабилизирующих операций: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11 / А.В. Стрельникова. – Новосибирск, 2020. – 126 л.

116. Гудков, А.Б. Постуральный баланс у пожилых на севере / А.Б. Гудков, А.В. Демин, А.В. Грибанов. – Архангельск, 2014. – 196 с.

117. Тишутин, Н.А. Взаимосвязь постурального баланса и вегетативной регуляции сердечного ритма спортсменов при выполнении двигательнo-когнитивных тестов / Н.А. Тишутин, А.Д. Кисель, И.Н. Рубчeня // Учен. зап. Белорус. гос. ун-та физ. культуры. – 2021. – № 24. – С. 328–333.

118. Функциональная готовность спортсмена / П.А. Фомкин [и др.] // Саратов. науч.-мед. журн. – 2017. – Т. 13, № 4. – С. 929–940.

119. Тишутин, Н.А. Особенности функционального состояния организма студентов при выполнении активной ортостатической пробы / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич // Современные векторы прикладных исследований в сфере физической культуры и спорта: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. для молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов / под ред.: А.В. Сысоева, Я.Е. Львовича. – Воронеж, 2020. – С. 698–704.

120. К вопросу о диагностике спортивной мотивации: адаптация опросника «sport motivation scale» / В.Н. Касаткин [и др.] // Спортивный психолог. – 2012. – № 1. – С. 38–43.

121. Джумадилова, Г.М. Психофизиологическая подготовка спортсменов к соревновательной деятельности / Г.М. Джумадилова, Г.К. Темиргалиева, С.К. Кусаинова // Путь науки. – 2014. – № 3(3). – С. 84–87.

122. Данина, М.М. Адаптация опросника шкала спортивной мотивации-6 (Sport Motivation Scale-6) на выборке взрослых, занимающихся любительским фитнесом / М.М. Данина, Е.А. Куминская, Е.И. Маркашова // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер.: Психол. науки. – 2017. – № 1. – С. 25–32.

123. Тишутин, Н.А. Теоретическая модель способа оценки функциональной готовности организма спортсмена / Н.А. Тишутин, Э.С. Питкевич // Конференция научно-педагогической школы профессора Т.П. Юшкевича по проблемам многолетней подготовки квалифицированных спортсменов: материалы заоч. науч.-практ. конф., Минск, 16 апр. 2020 г. / редкол.: Т.П. Юшкевич [и др.]; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск, 2020. – С. 137–141.

124. Серженко, Е.В. Медико-биологическое сопровождение физической культуры и спорта / Е.В. Серженко, О.А. Братухина // Наука-2020. – 2018. – № 3(19). – С. 143–145.

125. Платонов, В.Н. Теория периодизации подготовки спортсменов высокой квалификации в течение года: предпосылки, формирование, критика / В.Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2019. – № S3. – С. 118–137.

126. Сарайкин, Д.А. Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных тхэквандистов в тренировочном процессе / Д.А. Сарайкин, М.С. Терзи, В.И. Павлова // Вестн. Южно-Урал. гос. ун-та. Сер.: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2012. – № 28(287). – С. 20–23.

127. Тишутин, Н.А. Функциональная готовность организма спортсменов в подготовительном и основном периодах тренировочного процесса / Н.А. Тишутин // Наукосфера. – 2020. – № 7. – С. 71–78.

128. Пасынкова, М.А. Структура готовности к обучению в вузе (на примере военного вуза) / М.А. Пасынкова // Вестн. Томс. гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin). – 2013. – Вып. 1(129). – С. 18–21.

129. Асриян, О.Б. Новый взгляд на психологическую оценку готовности к обучению в вузе / О.Б. Асриян, Р.В. Кадыров, В.В. Черненко // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2013. – № 4. – С. 27–32.

130. Чикова, О.М. Психологическая готовность к учебной деятельности студента-бакалавра вуза педагогической направленности / О.М. Чикова // Теория и практика общественного развития. – 2014. – № 18. – С. 202–204.

131. Величковская, С.Б. Особенности проявлений стресса в период сессии у студентов с разным уровнем личностной тревожности /

С.Б. Величковская, Т.О. Гребенникова // Вестн. Моск. гос. лингвист. ун-та. Образование и пед. науки. – 2018. – № 3(802). – С. 150–165.

132. Кусакина, С.Н. Готовность к обучению в ВУЗе как психологический феномен: автореф. дис. ... кад. психол. наук: 19.00.13 / С.Н. Кусакина; Моск. гос. пед. ун-т. – М., 2009. – 22 с.

133. Асриян, О.Б. О новом подходе в оценке психологической готовности к обучению в вузе (на примере студентов факультета медико-профилактического дела Тихоокеанского государственного медицинского университета) / О.Б. Асриян, Р.В. Кадыров, В.В. Черненко // Вестн. Кемеров. гос. ун-та. – 2013. – Т. 3, № 4(56). – С. 117–125.

134. Водопьянов, Д.А. Феномен психологической готовности студентов – будущих психологов к профессиональной деятельности / Д.А. Водопьянов // Акмеология. – 2017. – № 4(64). – С. 41–46.

135. Деркач, А.А. Теоретические основы психологической готовности студентов – будущих психологов к профессиональной деятельности / А.А. Деркач, Д.А. Водопьянов // Акмеология. – 2017. – № 2(62). – С. 7–13.

136. Ясюкова, Л.А. Исследование интеллектуальной готовности к обучению студентов СПбГПУ / Л.А. Ясюкова, В.А. Долгополов, О.Е. Пискун // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2012. – Т. 7, № 1. – С. 163–167.

137. Ясюкова, Л.А. Проблемы психологии понятийного мышления / Л.А. Ясюкова // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Социология. – 2010. – № 3. – С. 385–394.

138. Чермянин, С.В. Особенности формирования мотивационных установок к практической деятельности у студентов, обучающихся по специальности «Клиническая психология» / С.В. Чермянин, В.Е. Капитанакин, А.С. Скороход // Вестн. Ленингр. гос. ун-та им. А.С. Пушкина. – 2016. – № 4–1. – С. 158–167.

139. Мельничук, А.С. Готовность к обучению в вузе как психологический феномен / А.С. Мельничук // Акмеология. – 2010. – № 4. – С. 56–58.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходное состояние спортсмена Д., относящегося к группе с очень высоким уровнем функционального состояния организма.

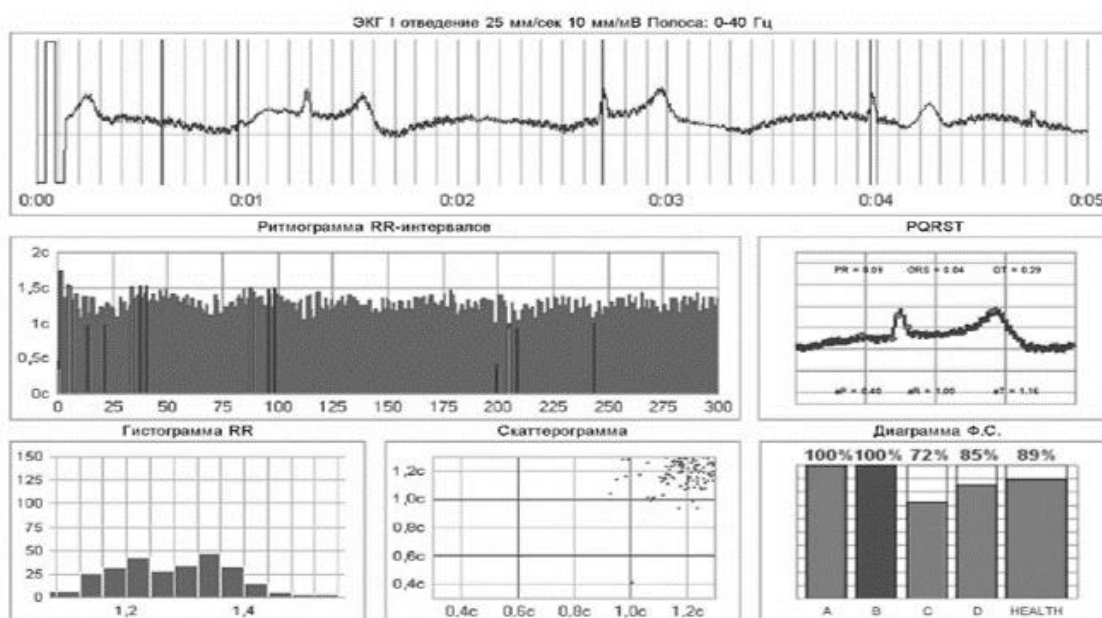


VGMU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]
Дата рождения: 29.10.2001
Комментарий:

Дата: 26.09.2019 10:04:34
ЧСС: 47
АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	47	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	34,4	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0,36	[0,25 - 0,6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	12,4	[15 - 50]
Индекс напряженности - ИН	13,0	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	100%
B - Показатель вегетативной регуляции	100%
C - Показатель центральной регуляции	72%
D - Психосоматическое состояние	85%
Health - Интегральный показатель состояния	89%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма максимальны
- ☐ Функциональные резервы высокие
- ☐ Энергетическое обеспечение организма в норме. Ресурсы высокие.
- ☐ Психосоматическое состояние отличное. Активность высокая.

☐ **ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СООТВЕТСТВУЕТ НОРМЕ**
АКТИВНОСТЬ ВЫСОКАЯ

Заключение врача :

Приложение 2

Данные после пробы спортсмена Д., относящегося к группе с очень высоким уровнем функционального состояния организма.



VG MU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]

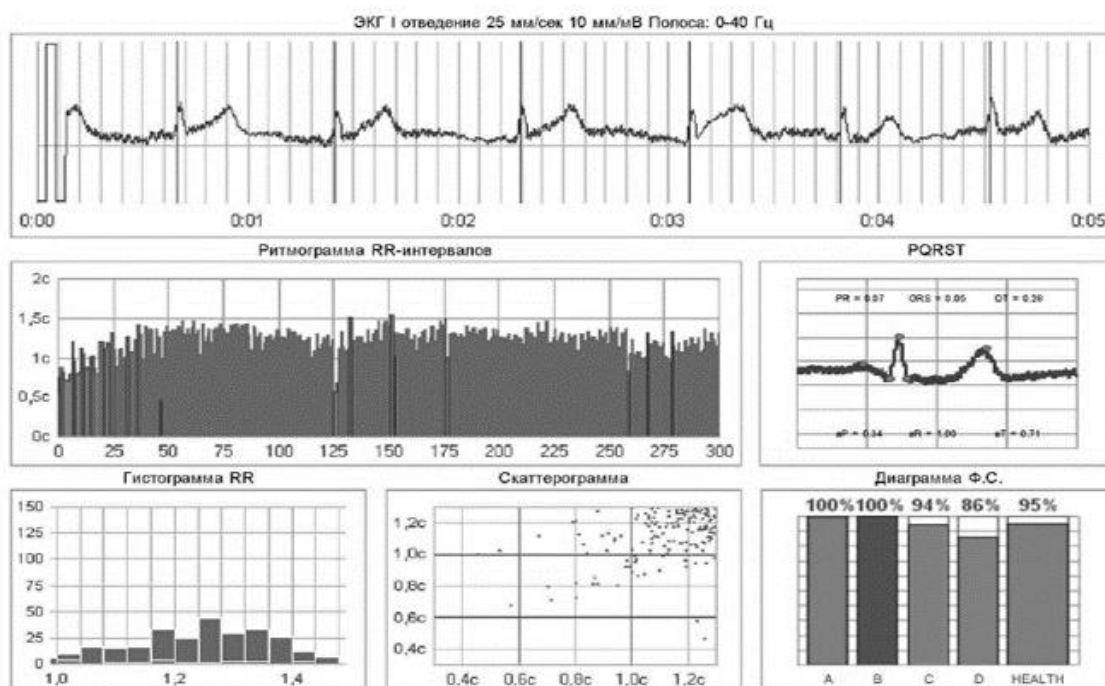
Дата рождения: 29.10.2001

Комментарий:

Дата: 26.09.2019 10:11:54

ЧСС 48

АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	48	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	26.7	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0.47	[0.25 - 0.6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	12.5	[15 - 50]
Индекс напряженности - ИН	10.8	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	100%
B - Показатель вегетативной регуляции	100%
C - Показатель центральной регуляции	94%
D - Психосоматическое состояние	86%
Health - Интегральный показатель состояния	95%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма максимальны
- ☐ Функциональные резервы высокие
- ☐ Энергетическое обеспечение и ресурсы организма максимальны
- ☐ Психосоматическое состояние отличное. Активность высокая.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СООТВЕТСТВУЕТ НОРМЕ
АКТИВНОСТЬ ВЫСОКАЯ

Заключение врача :

Приложение 3

Исходное состояние спортсмена Е., относящегося к группе со средним уровнем функционального состояния организма.

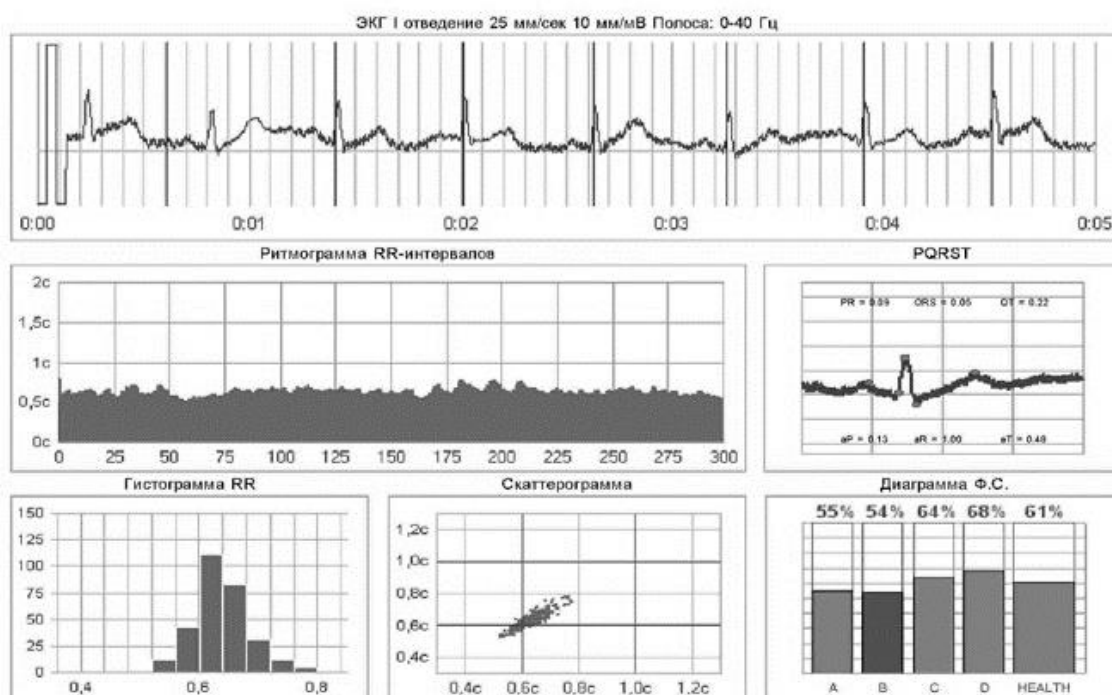


VG MU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]
Дата рождения: 31.03.2000
Комментарий:

Дата: 09.10.2019 12:27:44
ЧСС 94
АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	94	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	145.7	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0.42	[0.25 - 0.6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	61.9	[15 - 50]
Индекс напряжённости - ИН	121.4	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	55%
B - Показатель вегетативной регуляции	54%
C - Показатель центральной регуляции	64%
D - Психоэмоциональное состояние	68%
Health - Интегральный показатель состояния	61%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма снижены
- ☐ Функциональные резервы ниже нормы
- ☐ Энергетическое обеспечение организма в норме. Ресурсы высокие.
- ☐ Психоэмоциональное состояние хорошее. Активность в норме.

☐

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ

Заключение врача :

Приложение 4

Данные после пробы спортсмена Е., относящегося к группе со средним уровнем функционального состояния организма.

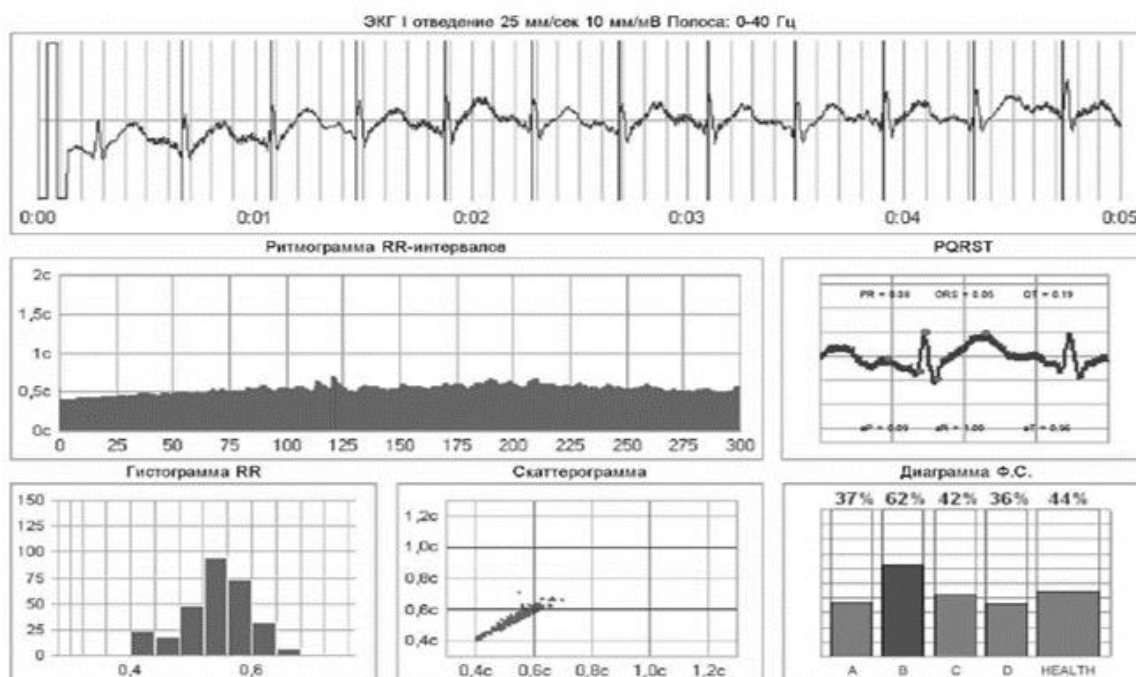


VG MU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]
Дата рождения: 31.03.2000
Комментарий:

Дата: 09.10.2019 12:32:01
ЧСС 111
АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	111	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	117.2	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0.52	[0.25 - 0.6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	61.1	[15 - 50]
Индекс напряжённости - ИН	112.7	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	37%
B - Показатель вегетативной регуляции	62%
C - Показатель центральной регуляции	42%
D - Психоэмоциональное состояние	36%
Health - Интегральный показатель состояния	44%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма минимальны
- ☐ Функциональные резервы в норме
- ☐ Уровень энергетического обеспечения ниже нормы. Ресурсы снижены.
- ☐ Нервное перенапряжение и признаки накопленной усталости.
- ☐

**НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОТ НОРМЫ
РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПОВТОРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ**

Заключение врача :

Приложение 5

Исходное состояние спортсмена С., относящегося к группе с низким уровнем функционального состояния организма.

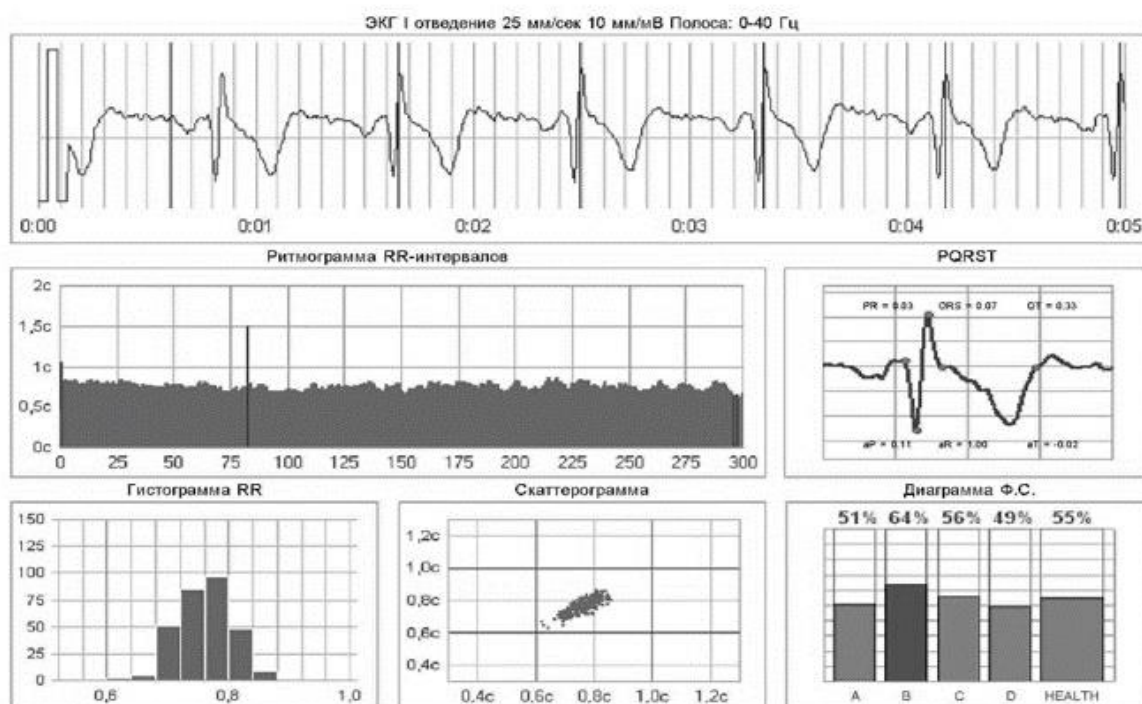


VG MU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]
Дата рождения: 10.11.1998
Комментарий:

Дата: 27.10.2018 11:06:36
ЧСС: 78
АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	78	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	152.6	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0.29	[0.25 - 0.6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	43.6	[15 - 50]
Индекс напряженности - ИН	100.4	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	51%
B - Показатель вегетативной регуляции	64%
C - Показатель центральной регуляции	56%
D - Психоэмоциональное состояние	49%
Health - Интегральный показатель состояния	55%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма снижены
- ☐ Функциональные резервы в норме
- ☐ Уровень энергетического обеспечения ниже нормы. Ресурсы снижены.
- ☐ Психоэмоциональное состояние удовлетворительное.
- ☐

НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОТ НОРМЫ

РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПОВТОРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Заключение врача :

Приложение 6

Данные после пробы спортсмена С., относящегося к группе с низким уровнем функционального состояния организма.

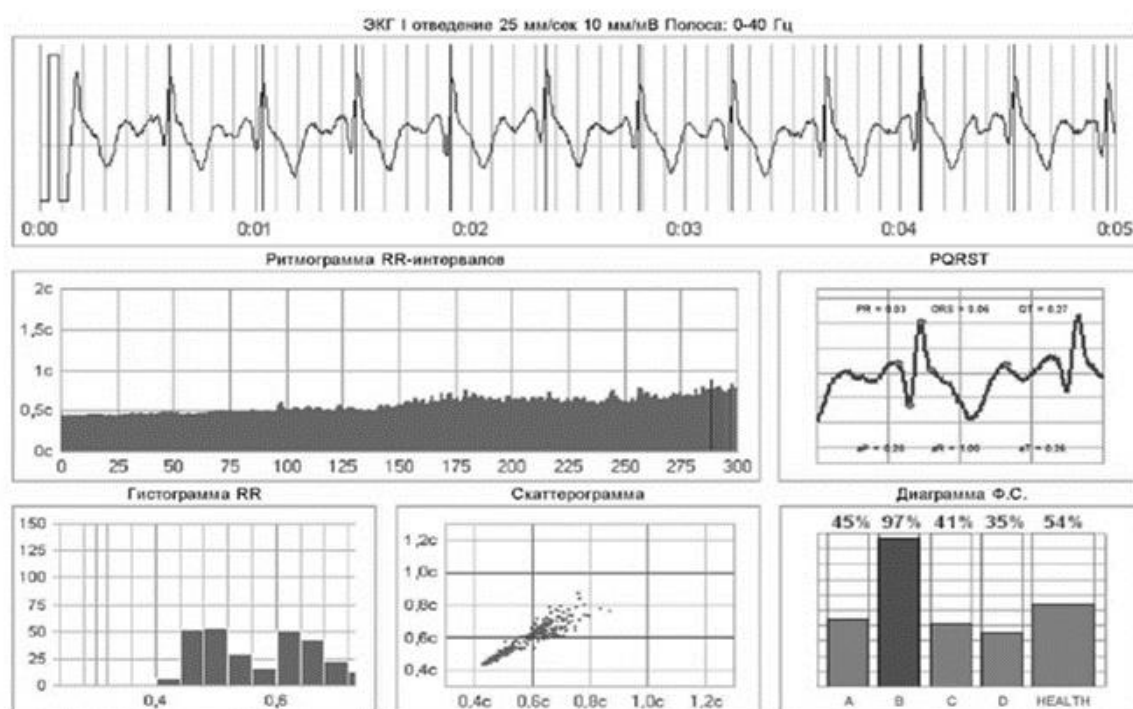


VG MU

КАРТА ОБСЛЕДОВАНИЯ

Ф.И.О.: [REDACTED]
Дата рождения: 10.11.1998
Комментарий:

Дата: 27.10.2018 11:10:54
ЧСС 104
АД: /



Показатели сердечной деятельности

ЧСС	104	[60 - 90]
Индекс вегетативного равновесия - ИВР	50.2	[35 - 145]
Вегетативный показатель ритма - ВПР	0.75	[0.25 - 0.6]
Показатель адекватности процессов регуляции - ПАПР	37.6	[15 - 50]
Индекс напряженности - ИН	52.3	[10 - 100]

Показатели функционального состояния

A - Уровень адаптации организма	45%
B - Показатель вегетативной регуляции	97%
C - Показатель центральной регуляции	41%
D - Психоэмоциональное состояние	35%
Health - Интегральный показатель состояния	54%

Заключение :

- ☐ Адаптационные возможности организма снижены
- ☐ Функциональные резервы высокие
- ☐ Уровень энергетического обеспечения ниже нормы. Ресурсы снижены.
- ☐ Нервное перенапряжение и признаки накопленной усталости.

☐ **НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОТ НОРМЫ
РЕКОМЕНДУЕТСЯ ПОВТОРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ**

Заключение врача :

Научное издание

ТИШУТИН Николай Алексеевич
ПИТКЕВИЧ Эдуард Сергеевич
КРЕСТЬЯНИНОВА Татьяна Юрьевна

**ВЕГЕТАТИВНЫЙ БАЛАНС
В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА**

Монография

Технический редактор	<i>Г.В. Разбоева</i>
Корректор	<i>Л.В. Моложавая</i>
Компьютерный дизайн	<i>В.Л. Пугач</i>

Подписано в печать 11.07.2022. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 10,29. Уч.-изд. л. 12,84. Тираж 100 экз. Заказ 105.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».
210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.