

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В АСПЕКТЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Практическое пособие



220062 г. Минск, ул. Нарочанская, 8
тел.факс: +375173081001
info@medsport.by



www.medsport.by

Минск
РНПЦ спорта
2023

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

А. Л. Захаревич, И. А. Малёваная, Н. Н. Мороз-Водолажская,
Е. Г. Рабыкина, Д. С. Марченко

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В АСПЕКТЕ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

Практическое пособие

Минск
РНПЦ спорта
2023

УДК 796+796.015.6+612.1

ББК 51.1+75

К63

*Рекомендовано к изданию экспертной комиссией РНПЦ спорта,
протокол № 4 от 25 сентября 2023 года.*

Подготовлено в рамках мероприятия государственной программы
«Физическая культура и спорт» на 2021–2025 годы
«Разработать методику оценки показателей стресс-ЭХОКГ
с дозированной физической нагрузкой у спортсменов
с положительным кардиоваскулярным скринингом»

Авторы:

А. Л. Захаревич;

И. А. Малёваная, кандидат медицинских наук, доцент;

Н. Н. Мороз-Водолажская, кандидат медицинских наук, доцент;

Е. Г. Рабыкина;

Д. С. Марченко.

Рецензенты:

Н. Л. Цапаева, доктор медицинских наук, профессор;

А. М. Борис, кандидат медицинских наук, доцент.

К63 Захаревич, А.Л.

Комплексная оценка физической работоспособности спортсменов в аспекте функционирования сердечно-сосудистой системы: практ. пособие / А. Л. Захаревич [и др.]. – Минск: РНПЦ спорта, 2023. – 40 с.

ISBN 978-985-90574-8-8

УДК 796+796.015.6+612.1

ББК 51.1+75

В пособии представлена информация о практической целесообразности комплексной оценки физической работоспособности спортсменов с учетом функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Описаны клинико-диагностические особенности кардиологического обследования спортсменов, определены основные подходы к оценке результатов.

Издание предназначено для врачей спортивной медицины, специалистов организаций, обеспечивающих научно-методическое и медицинское сопровождение подготовки спортсменов.

ISBN 978-985-90574-8-8

© Издатель: Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр спорта»,
2023

© Оформление: Государственное учреждение
«Республиканский учебно-методический центр
физического воспитания населения», 2023

ВВЕДЕНИЕ

Занятия физической культурой и спортом все больше становятся неотъемлемой частью повседневного образа жизни современного человека. Физическая активность в большинстве случаев представлена двумя вариантами: фитнес, как часть здорового образа жизни, и лечебно-профилактические занятия при хронических заболеваниях (реабилитация). В то же время, все больше молодых людей занимаются спортом не профессионально, но на регулярной основе, периодически участвуя в соревнованиях разного уровня. Переход из любительского спорта в профессиональный не является редкостью, так что уровень нагрузок у спортсменов-любителей может быть сравнительно высок. Таким образом, число людей, которых *de facto* можно отнести к спортсменам, оказывается достаточно большим [1].

Контроль адаптационных сдвигов и оценка физической работоспособности – обязательное условие в правильной организации построения тренировочного процесса [2–4]. Однако, это возможно только при наличии научно-обоснованного комплекса диагностических методов, объективно оценивающих сдвиги, происходящие в организме в результате тренировочной и соревновательной деятельности. Такой подход позволяет на научной основе планировать тренировочный процесс, исключить опасную для здоровья запредельную активацию систем организма спортсмена. Важнейшим условием при этом является своевременное получение тренером и самим спортсменом объективной информации о типологических и индивидуальных особенностях атлета, состоянии его здоровья и функциональных возможностях. Таким образом, на современном этапе развития спорта можно смело утверждать, что подготовка спортсменов высокой квалификации – это сложный многофакторный процесс, который невозможен без внедрения научных разработок в практику тренировок [5, 6].

Исследования в области спортивной физиологии не теряют своей актуальности, что подтверждается большим количеством научных работ, направленных на изучение адаптационных перестроек в сердечно-сосудистой системе спортсменов под влиянием физических нагрузок различной направленности и интенсивности [7–10]. При этом ученые подтверждают, что требуются дальнейшие исследования в данном направлении в когорте профессиональных спортсменов для научного обоснования способов повышения кардиореспираторной выносливости (подготовленности), выявления основополагающих факторов в разработке программ тренировочных нагрузок, изучения взаимосвязи физических нагрузок с позиции «доза–реакция», а также стратификации сердечно-сосудистых рисков, ассоциированных с физическими нагрузками [11]. Требуется подтверждения представленная «гипотеза экстремальных физических нагрузок», в рамках которой обсуждается вопрос о потенциальной дезадаптации сердечно-сосудистой системы, возникающей

в результате тренировочных программ с большим объемом и высокой интенсивностью физических нагрузок [12].

Расширение знаний о структурно-функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов становится возможным с учетом использования различных современных диагностических технологий [13]. Без дополнительных и информативных методов диагностики невозможно полностью оценить адекватность влияния на сердце тренировочных и соревновательных нагрузок. Поскольку данные о морфологических и функциональных изменениях миокарда у спортсменов крайне неоднородны, необходим дифференцированный подход к оценке адаптационных изменений с применением эхокардиографии и функциональных нагрузочных тестов у спортсменов с различной направленностью физических нагрузок [14–15].

Традиционно научный интерес в изучении сердца спортсмена в основном был сосредоточен на оценке левого желудочка, в последнее время внимание исследователей направлено и на другие структуры, такие как правый желудочек, предсердия и аорта, что связано также и с совершенствованием технических возможностей приборов ультразвуковой диагностики. Однако в настоящее время отсутствуют общепринятые и единогласные рекомендации по использованию эхокардиографических пороговых значений для разграничения физиологической и патологической адаптации сердца спортсмена [16–18].

Рост спортивных достижений постоянно ставит перед медициной, в том числе перед кардиологией новые задачи. Влияние физических упражнений на сердце изучается давно, однако ряд основополагающих вопросов спортивной кардиологии нельзя считать решенными в полной мере. Так, в научной литературе на постоянной основе дискутируется вопрос об анатомических и функциональных характеристиках «спортивного» сердца, о пределе его адаптационного ремоделирования, о границах перехода выявленных изменений из нормы в патологию [19–20].

Под влиянием современной спортивной тренировки возможно появление структурно-функциональных изменений сердечно-сосудистой системы, пограничных с нормой вариантов, а также уже сформированной патологии сердечно-сосудистой системы, возникших вследствие интенсивных занятий спортом или чрезмерных физических нагрузок. Данные изменения могут обостряться, стать причиной инвалидизации спортсмена. Некоторые заболевания сердечно-сосудистой системы у атлетов могут оставаться нераспознанными, но проявляются при интенсивных занятиях спортом [20–21].

Изучению адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсменов под влиянием напряженной физической деятельности уделяется большое внимание в спорте высших достижений, поскольку важнейшей задачей спортивной подготовки является достижение высокого результата и сохранение при этом здоровья спортсмена. Определение границ, разделяющих физиологическую реакцию адаптации и патологическую реакцию в виде перенапряжения/перетренированности являются важными задачами современной спортивной медицины и науки. В свою очередь, контроль адаптационных процессов требует адекватных и информативных методов диагностики. Для

определения безопасности физических нагрузок необходима разработка соответствующих критериев, позволяющих распознавать признаки перестройки сердца на ранних стадиях их развития [22–23].

Оценка структурно-функциональных особенностей сердца является одной из важных составляющих медицинского обследования спортсменов в вопросах допуска к занятиям спортом и индивидуализации тренировочного процесса. На современном этапе повышается значение нагрузочных тестов, проводимых с прогностической целью и для выработки индивидуальных рекомендаций по режиму двигательной активности. Становится очевидной необходимость проведения исследований, которые помогут определить клиническое значение нагрузочного тестирования в целом, и эргоспирометрии в частности, в популяции профессиональных спортсменов для разработки конкретных рекомендаций [25–26].

В настоящее время не всегда (не в полной мере) обеспечивается преемственность и внедрение результатов прикладных научных исследований в практику подготовки спортсменов национальных и сборных команд. Это отражается на продуктивном взаимодействии между тренерами и научными работниками [27]. В этой связи вполне определенно встает задача использования современных информативных методов диагностики функционального состояния спортсмена, при соответствии методов контроля задачам тестирования, позволяющих качественно производить комплексную оценку спортивного потенциала спортсменов, выявлять основные недостатки и определять перспективы совершенствования системы подготовки.

Таким образом, комплексный подход в диагностике функциональной подготовленности и физической работоспособности спортсменов различных видов спорта с учетом структурно-функциональных особенностей сердечно-сосудистой системы позволит расширить возможности исследователей в вопросах своевременной дифференциации физиологического ремоделирования от патологического и оптимизировать выбор тактики медицинского контроля и коррекции объема и интенсивности тренировочных упражнений с целью продления спортивного долголетия.

1. КЛИНИЧЕСКАЯ И ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ НАГРУЗОК

Регулярная физическая активность – доказанный фактор увеличения качества и продолжительности жизни. Отсутствие физической активности является одним из главных независимых факторов риска смерти у 10 % умерших в Европе. Известно, что умеренная аэробная физическая активность в течение 150 мин. в неделю снижает риск преждевременной смерти и риск развития ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, сахарного диабета 2-го типа и депрессии. Физическая активность от 150 до 300 мин. в неделю снижает риск появления избыточной массы тела, а также развития рака толстой кишки и рака молочной железы [28, 29].

Однако, тяжелые физические нагрузки в профессиональном спорте связаны с риском внезапной смерти (ВС), причинами которой могут быть заболевания сердечно-сосудистой системы (рисунок 1), имеющие в большинстве случаев бессимптомный дебют [21, 30].

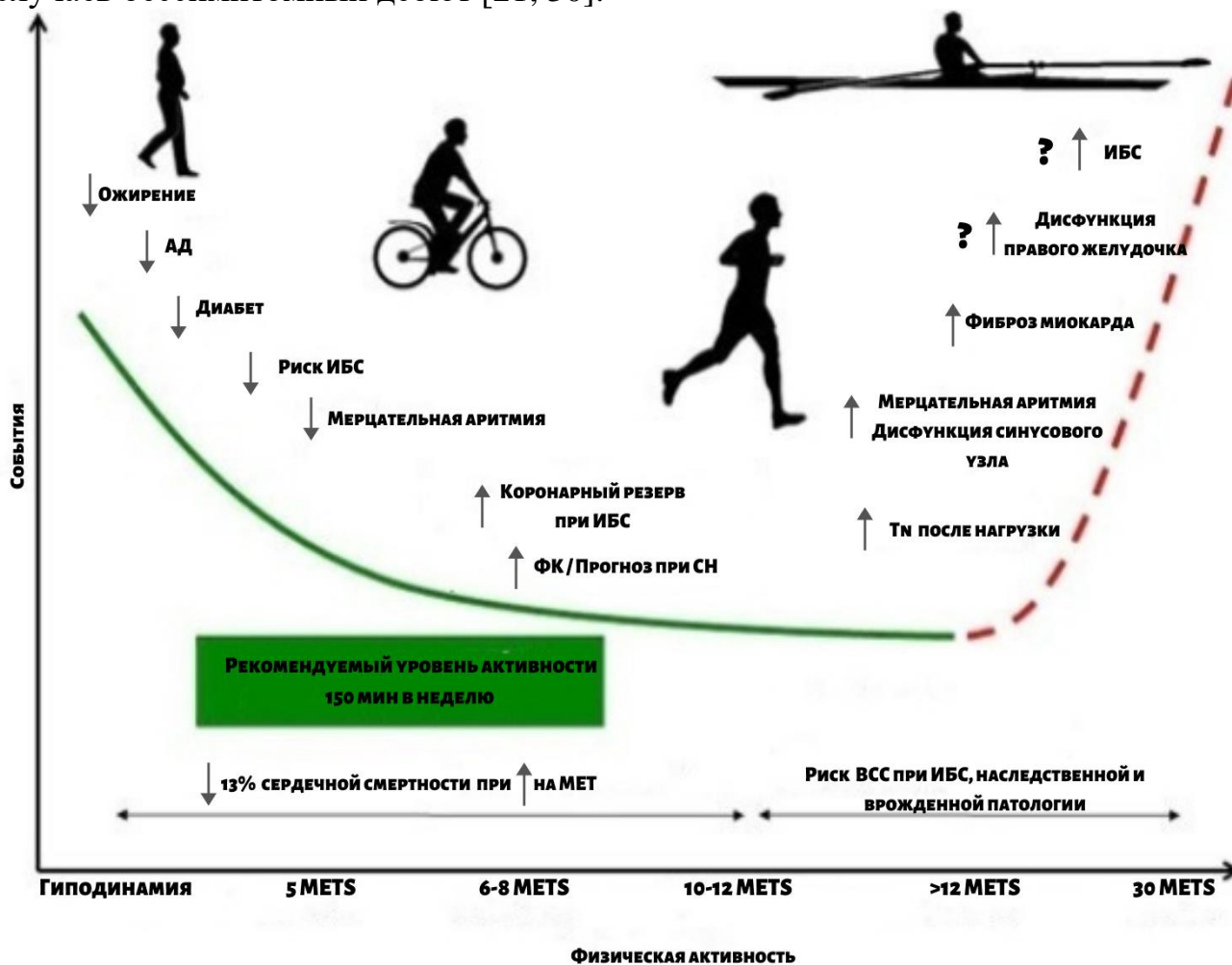


Рисунок 1 – Интенсивность физических нагрузок и риск развития заболеваний сердца

Концепция «спортивного сердца» включает два его варианта: физиологическое и патологическое. В первом случае повышение работоспособности сердца идет за счет оптимизации физиологических адаптационных процессов и, как принято считать, не оказывает отрицательного влияния на здоровье. Во втором случае, напротив, уровень выполняемой нагрузки превышает резервы физиологической адаптации и, давая временный эффект в достижении пиковой мощности, в конечном итоге приводит к декомпенсации сердечной деятельности или повышенному риску развития патологии сердца.

Понимание механизмов развития физиологического «спортивного сердца» позволяет врачу объективно оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) спортсмена и наблюдать за ее изменениями, появляющимися при рационально проводимой тренировочной нагрузке. Представление о путях и закономерностях развития патологического «спортивного сердца» обеспечивает возможность своевременной диагностики, рационального и раннего лечения и профилактики предпатологических состояний и патологических изменений системы кровообращения спортсменов [31].

Согласно зарубежным и отечественным литературным источникам, посвященным этому вопросу, можно найти различные, иногда диаметрально противоположные оценки сердца спортсмена. В частности, нет единой точки зрения на возможность возникновения патологических изменений в сердечно-сосудистой системе спортсмена под влиянием занятий спортом и на клиническую оценку такого рода изменений [32]. Тренировочные нагрузки вызывают адаптационные перестройки в сердечно-сосудистой системе атлетов (рисунок 2) [30].

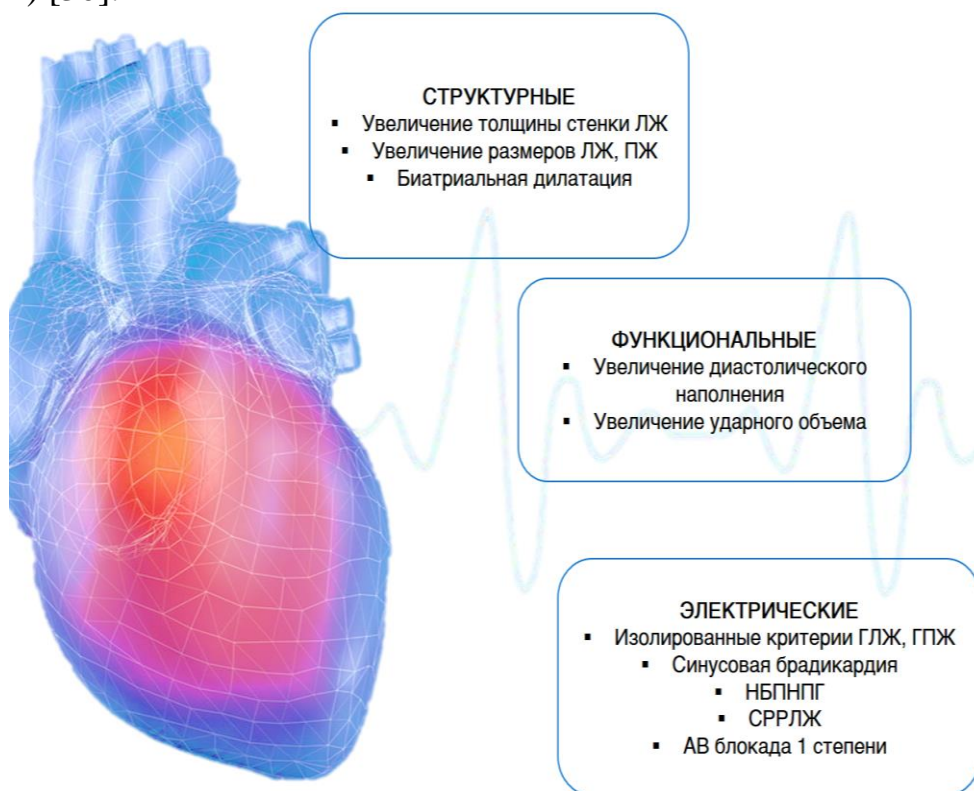


Рисунок 2 – Адаптационные перестройки в сердечно-сосудистой системе

Несмотря на большой объем исследований и современные диагностические методики, провести четкую границу между физиологическими и патологическими изменениями сердца в каждом отдельном случае и по сей день затруднительно [1, 13, 31].

1.1. Адаптация сердца и вид тренировочных нагрузок

Виды спортивных нагрузок по характеру влияния на сердечно-сосудистую систему принято разделять на статические и динамические, а интенсивность нагрузки оценивать по трем уровням: низкий, средний и высокий [33].

Выделяют патологические и физиологические детерминанты, влияющие на адаптацию сердца спортсмена к физическим нагрузкам (рисунок 3) [34].

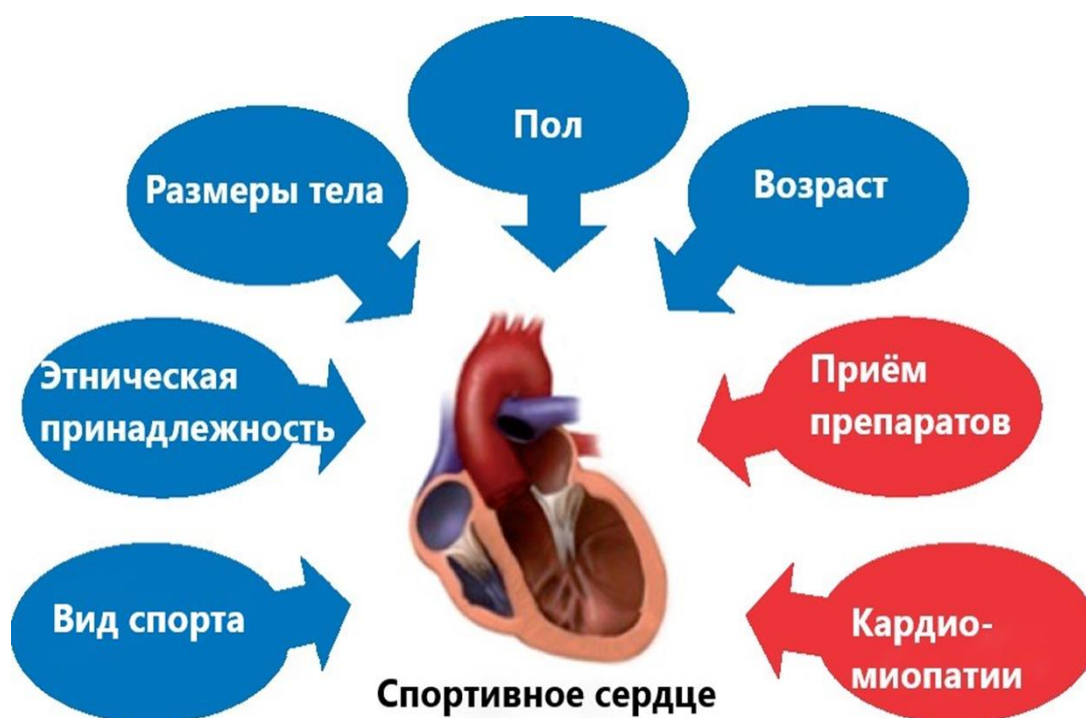


Рисунок 3 – Физиологические (синий) и патологические (красный) детерминанты спортивного сердца

Разделение видов спорта на статические и динамические условно и отражает преобладающий тип нагрузки. Преобладание динамических или статических нагрузок сопровождается разным действием на ССС [35]. Классификация J.H. Mitchel (таблица 1) учитывает влияние нагрузки на систему кровообращения с двух позиций:

- 1) перегрузка объемом (увеличение преднагрузки), которой способствуют динамические нагрузки;
- 2) перегрузка сопротивлением (увеличение постнагрузки), оказываемая, в первую очередь, статической силовой работой.

Таблица 1 – Классификация видов спорта по характеру влияния на сердечно-сосудистую систему (J. Mitchell)

Вид нагрузки	А. Динамическая нагрузка низкой интенсивности	В. Динамическая нагрузка умеренной интенсивности	С. Динамическая нагрузка высокой интенсивности
I. Статическая нагрузка низкой интенсивности	Стрельба из лука Боулинг Крикет Гольф Стрельба из винтовки	Настольный теннис Теннис (парный) Волейбол Бейсбол	Бадминтон Спортивная ходьба Бег (марафон) Лыжный спорт
II. Статическая нагрузка умеренной интенсивности	Автогонки Дайвинг Конный спорт Гимнастика Каратэ/Дзюдо Мотоспорт Парусный спорт	Фехтование Легкая атлетика (прыжки) Фигурное катание Лакросс Бег (спринт)	Баскетбол Биатлон Сноубординг Хоккей на траве Американский футбол Хоккей на льду Бег (средние или длинные дистанции) Футбол Сквош Плавание Командный гандбол Теннис (одиночный)
III. Статическая нагрузка высокой интенсивности	Бобслей Водные лыжи Метание Виндсерфинг	Бодибилдинг Борьба Горнолыжный спорт Реслинг	Бокс Гребля на каное Велосипедный спорт Десятиборье Конькобежный спорт

Основные воздействия этих типов нагрузок на кровообращение и преимущественный тип ремоделирования миокарда могут быть отображены следующим образом (таблица 2) [36].

При динамических нагрузках происходит активное растяжение мышц, сопровождающееся усилением кровотока, повышением потребности миокарда в кислороде. При этом повышаются частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и среднее артериальное давление (АД), сердечный выброс, снижается общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС).

Статические нагрузки характеризуются изменением мышечного тонуса с изометрическим сокращением мышц. Изменения ЧСС выражены минимально, отмечается повышение как систолического, так и диастолического АД, УО и ОПСС не повышаются.

Для спортивных дисциплин с высокой статической нагрузкой, сопровождающихся повышением ОПСС при неизменном УО, характерна более выраженная перегрузка сердца давлением. В то же время для дисциплин с превалированием компонента аэробной выносливости (т.е. длительно сохраняющейся нагрузкой в мощности, составляющей >50 % от максимального


потребления кислорода (МПК) более типична перегрузка сердца объемом через повышение УО и ЧСС при сохраненном ОПСС на фоне слегка повышенного среднего АД (Morganroth J., 1975).

Таблица 2 – Сравнительный анализ типов воздействия нагрузок на основные параметры кровообращения

Параметры		Динамические нагрузки	Статические нагрузки
Потребление кислорода, мл/мин/кг		Значительно возрастает (↑↑↑)	Незначительно возрастает (↑)
Минутный объем сердца, л/мин		Значительно возрастает (↑↑↑)	Незначительно возрастает (↑)
ЧСС, уд/мин		Значительно возрастает (↑↑↑)	Незначительно возрастает (↑)
Ударный объем, мл		Значительно возрастает (↑↑↑)	Умеренно возрастает (↑↑)
Общее периферическое сопротивление, ед. периферической резистентности		Значительно снижается (↓↓↓)	Значительно возрастает (↑↑↑)
Артериальное давление, мм рт. ст.	систолическое	Значительно возрастает (↑↑↑)	Значительно возрастает (↑↑↑)
	диастолическое	Значительно снижается (↓↓↓)	Значительно возрастает (↑↑↑)
	среднее	Умеренно возрастает (↑↑)	Значительно возрастает (↑↑↑)
Преимущественный тип перегрузки сердца		Перегрузка объемом (преднагрузка)	Перегрузка сопротивлением (постнагрузка)
Преимущественный тип ремоделирования миокарда		Эксцентрический	Концентрический
Отличительные признаки ремоделирования		Увеличение полостей миокарда	Увеличение толщины стенок

В настоящее время классическое представление о влиянии различных по направленности и величине нагрузок, связанных с изолированным воздействием одного из факторов (перегрузка объемом или сопротивлением) на ремоделирование сердца, подвергается критике. Накопленный опыт исследований позволяет утверждать, что сочетание интенсивности, продолжительности и частоты тренировок является основной детерминантой ремоделирования сердца спортсмена [37].

В рекомендациях Европейского общества кардиологов (ESC) по спортивной кардиологии и физическим тренировкам у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями представлена классификация видов спорта (рисунок 4). Спортивные дисциплины в зависимости от преобладающего компонента классифицируют – «навыки», «сила/мощность», «смешанные упражнения», «выносливость» [33].



статическая (изометрическая) ФН	+/-	+++/++++	++/+++	++/+++
динамическая (изотоническая) ФН	+/-	+/++	++/+++	+++/++++
ремоделирование сердца	+/-	+/++	++/+++	++++

Рисунок 4 – Классификация видов спорта

Таким образом, физические упражнения и, как следствие, физическая форма являются важными детерминантами спортивного ремоделирования сердца. Тем не менее, результаты современных исследований демонстрируют противоречивую информацию о влиянии направленности и интенсивности тренировочных воздействий на адаптационные перестройки в сердечно-сосудистой системе атлетов.

1.2. Профилактика внезапной смерти в спорте

Мировая практика спорта высших достижений подтверждает наличие случаев ВС. В Европейском руководстве по предупреждению внезапной сердечной смерти (ВСС) спортсмены выделены в отдельную группу риска. Анализ данных литературы показал, что в 80–90 % случаев ВС у спортсменов возникает непосредственно на соревнованиях или сразу после тренировки. 75 % спортсменов были моложе 35 лет, при этом доля мужчин составила 91–97 % [38–39].

Исследования, выполненные в разных странах с различными критериями включения в анализ и методологией, дают неодинаковую частоту ВС спортсменов и лиц, занимающихся физической активностью. По данным национального института сердца (США) 93 % всех причин ВС составляет сердечная смертность. Из них: 20 % связано с commotio cordis (сотрясение сердца). Несердечные причины ВС составляют 7 % (бронхиальная астма, тепловой удар, травмы, передозировка препаратов и др.).

У большинства лиц, умерших от ВСС, остановка кровообращения возникла на фоне декомпенсации состояния, расцененного как кардиомиопатия или врожденные аномалии строения коронарного русла или проводящей системы сердца и ранний атеросклероз коронарных артерий (Finocchiaro G. et al., 2016). Несмотря на все усилия, направленные на повышение эффективности верификации причин сердечных смертей в спорте, почти в 40 % случаев этиология ВСС остается неизвестной, то есть патоморфологический субстрат при аутопсии не обнаруживают, либо, если выявляют, то не рассматривают как возможную причину смерти. Крупный международный мета-анализ по оценке значения разных рутинных методов в диагностике летальных сердечно-сосудистых заболеваний, не привязанный к методам визуализации, демонстрирует высокую распространенность состояний, не сопровождающихся макроскопическими изменениями сердца. Некоторые исследования демонстрируют взаимосвязь риска ВСС с увеличением интенсивности тренировок и ростом спортивных достижений [38–42].

Текущие показатели заболеваемости ВСС у соревнующихся спортсменов колеблются от почти 1 на миллион до 1 на 5 тыс. спортсменов в год. Различия в текущих показателях в значительной степени связаны с различной методологией исследований и сравнениями разнородных популяций [38–42]. В таблице 3 представлена нозологическая структура ВСС спортсменов по результатам различных исследований [43].

Таблица 3 – Причины (основные) внезапной сердечной смерти спортсменов

Исследование	Причины
1	2
Corrado et al. Италия 1979–2004 гг.	Кардиомиопатия 25 % Ишемическая болезнь сердца 20 % Миокардит 13 % Врожденные аномалии коронарных артерий 11 %
Harmon et al. США 2003–2013 гг.	Врожденные аномалии коронарных артерий 11 % Миокардит 9 % Ишемическая болезнь сердца 9 % Кардиомиопатия левого желудочка 8 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 5 %
Van Camp et al. США 1983–1993 гг.	Гипертрофическая кардиомиопатия 51 % Вероятная гипертрофическая кардиомиопатия 5 % Аномалии коронарных артерий 16 % Миокардит 7 % Стеноз аорты 6 % Ишемическая болезнь сердца 3 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 1 %
Maron et al. США 1985–1995 гг.	Гипертрофическая кардиомиопатия 36 % Возможная гипертрофическая кардиомиопатия 10 % Аномалии коронарных артерий 13 % Ишемическая болезнь сердца 3 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 3 % Дилатационная кардиомиопатия 3 %
Maron et al. США 1980–2006 гг.	Гипертрофическая кардиомиопатия 36 % Врожденные аномалии коронарных артерий 17 % Миокардит 6 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 4 % Ишемическая болезнь сердца 2 %
Marjon et al. Франция 2000–2006 гг.	Ишемическая болезнь сердца 75 % Возможная гипертрофическая кардиомиопатия 3 % Коронарные аномалии 1 % Миокардит 3 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 2 %
Holst et al. Дания 2000–2006 гг.	Аритмогенная дисплазия правого желудочка 26 % Ишемическая болезнь сердца 13 % Миокардит 6 % Возможная гипертрофическая кардиомиопатия 6 % Врожденная аномалия коронарной артерии 6 %

Продолжение таблицы 3

1	2
Risgaard et al. Дания 2007–2009 гг.	Ишемическая болезнь сердца 29 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 11 % Миокардит 5 % Гипертрофия сердца 9 % Гипертрофическая кардиомиопатия 5 % Коронарные аномалии 2 %
Bohm et al. Германия 2012–2014 гг.	Ишемическая болезнь сердца 29 % Возможная ишемическая болезнь сердца 29 % Миокардит 8 % Аномалии коронарных артерий 2 % Каналопатия 1 %
Suarez-Mier et al. Испания 1995–2001 гг.	Ишемическая болезнь сердца 41 % Аритмогенная дисплазия правого желудочка 16 % Гипертрофическая кардиомиопатия 6 % Кардиомиопатия левого желудочка 5 % Инфаркт миокарда 3 % Дилятационная кардиомиопатия 1,5 % Врожденные аномалии коронарных артерий 3 %

Систематический скрининг лиц, вовлеченных в спортивную деятельность, может предоставить информацию, необходимую для выявления механизмов и факторов риска ВСС, а также для диагностики сердечной патологии, лежащей в ее основе, и для снижения смертности. Основными его целями являются выявление скрытой аритмогенной кардиомиопатии и оценка клинических проявлений тахи- или брадиаритмий, если таковые имеют место.

ВСС у молодых спортсменов обычно вызывается генетическим или врожденным структурным сердечным заболеванием. Однако сообщается о внезапной смерти без установленной причины, отрицательной при аутопсии, также называемой синдромом внезапной аритмической смерти. У спортсменов старше 35 лет >80 % всех ВСС вызваны атеросклеротической ишемической болезнью сердца [43].

Большинство экспертов считают, что раннее выявление потенциально летальных нарушений у спортсменов может снизить заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) за счет стратификации риска. Скрининг ССЗ по анамнезу и физикальному обследованию или ЭКГ имеет свои ограничения. При этом в скрининговых исследованиях, в которых применяются современные стандарты интерпретации ЭКГ, скрининг ЭКГ превосходит анамнез и физикальное обследование [33, 43, 44]. В настоящее время предложено несколько протоколов для профилактики ВС (стратегий скрининга) в спорте: Американский, Европейский и Итальянский (таблица 4).

Таблица 4 – Методы исследования, входящие в протокол скрининга ВСС

Протокол скрининга	Анамнез	Физикальное обследование	Инструментальная диагностика	
			ЭКГ	ЭХОКГ
Американский	+	+		
Европейский	+	+	+	
Итальянский	+	+	+	+

Рекомендации группы экспертов Американской кардиологической ассоциации «12 шагов» для предупреждения ВСС у спортсменов (2007) включают в себя сбор анамнеза, в том числе семейного, и физикальное обследование. Европейский протокол – также проведение электрокардиографии в 12 стандартных отведениях с последующим дополнительным кардиологическим обследованием в случае выявления на ЭКГ патологии. Итальянский протокол предусматривает проведение эхокардиографического исследования (ЭХОКГ).

В таблице 5 представлены методы исследования, входящие в протокол скрининга, которые в настоящее время реализуются девятнадцатью крупными международными спортивными организациями [43].

Таблица 5 – Методы исследования, входящие в протокол скрининга для профессиональных спортсменов, рекомендованные крупными международными спортивными федерациями

Спортивная федерация	Методика первичного скрининга			
	физикальное обследование	анамнез	ЭКГ	ЭХОКГ
International Olympic Committee	+	+	+	
International Paralympic Committee	+	+	+	
Fédération Internationale de Football Association	+	+	+	+
Union of European Football Associations	+	+	+	+
Union Cycliste Internationale	+	+	+	+
Fédération Internationale de Motocyclisme	+	+	+	+
Fédération Internationale de l'Automobile	+	+	+	+
International Association of Athletic Federations	+	+	+	
National Basketball Association (USA)	+	+	+	
National Football League (USA)	+	+		
Major League Baseball (USA)	+	+		
National Hockey League (USA)	+	+		
World Rugby	+	+	+	+
Fédération Internationale de Natation	+	+	+	+
World Boxing Federation	+	+	+	+
International Handball Federation	+	+	+	+
International Triathlon Union	+	+	+	+
Fédération Internationale de Ski	+	+	+	+
Fédération International des Sociétés d'Aviron	+	+	+	+

Прогнозирование ВСС в спорте – чрезвычайно трудная задача. Около 80 % умерших внезапно не имели жалоб накануне смерти, наследственный анамнез по ВСС не был отягощен [45].

1.3. Клинико-диагностические особенности кардиологического обследования спортсменов

Необходимость проведения спортсмену различного рода клинико-инструментальных обследований, как предшествующих началу занятия спортом, так и в течение спортивной деятельности очевидна. Особенности сердечно-сосудистой системы у атлетов высокой квалификации обуславливают дифференцированный подход к врачебному контролю с применением различных функционально-диагностических методик (рисунок 5) [46–47].

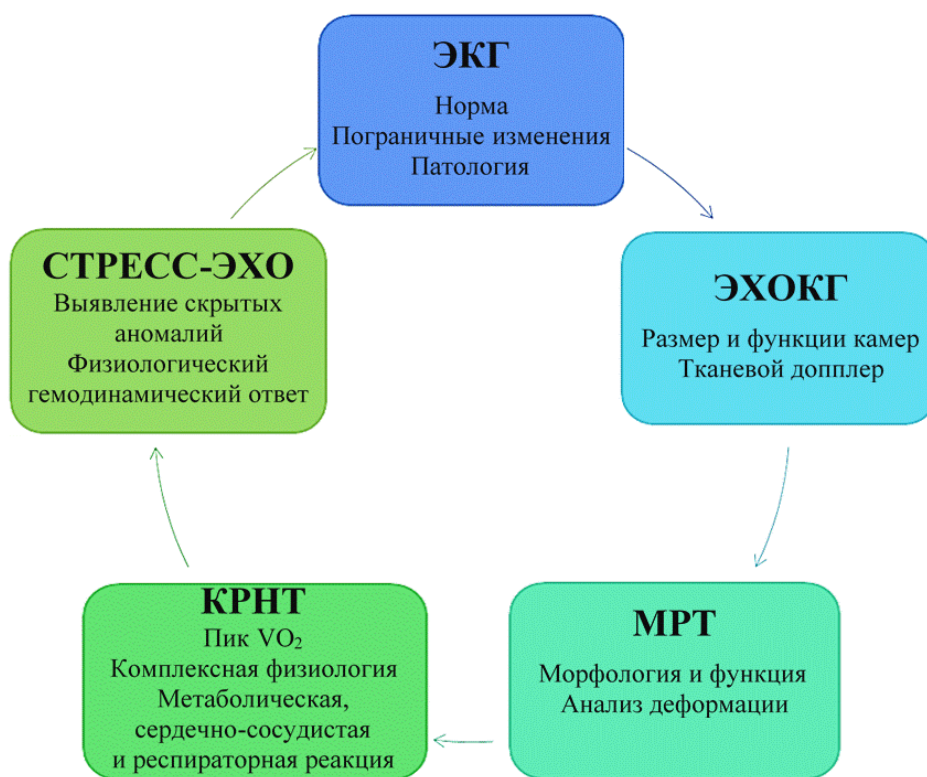


Рисунок 5 – Диагностический континуум спортивного сердца

На современном этапе становится актуальным вопрос ранней специализации, интенсификации соревновательной деятельности детей и подростков, что сопряжено с возникновением патологических состояний, ранним завершением спортивной карьеры вследствие физического и психического перенапряжения. В целом исследования адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам у юных спортсменов демонстрируют более выраженные изменения структурных параметров, тогда как функциональные параметры не изменяются или незначительно увеличиваются. Кроме того, у юных спортсменов чаще, чем у взрослых, отмечаются атипичские реакции на стандартную мышечную нагрузку [7, 48, 49].

Разрозненные литературные данные о реакциях сердечно-сосудистой системы на дозированную нагрузку в подростковом и юношеском возрасте не позволяют применять эти данные рутинно для контроля этапного состояния юных спортсменов, подготовки и отбора их в национальные команды и требуют проведения детального изучения и разностороннего анализа. Поэтому по-прежнему остается актуальным направление по изучению структурно-функциональных особенностей сердечно-сосудистой системы спортсмена параллельно годам спортивной карьеры с учетом направленности и величины физических нагрузок на основании комплексного применения современных функционально-диагностических исследований.

1.3.1. Особенности ЭКГ

При чрезмерных нагрузках, свойственных профессиональному спорту, практически все спортсмены высокого уровня имеют те или иные изменения структур сердца, сопровождающиеся характерными признаками при электрокардиографическом исследовании. Отечественные и зарубежные ученые и практики находятся в постоянном поиске оптимальных рекомендаций по клинической интерпретации ЭКГ спортсменов, что позволило бы избежать как гипердиагностики доброкачественных адаптационных изменений сердечно-сосудистой системы, так и недооценки важности некоторых потенциально злокачественных ЭКГ-феноменов [50–53].

Основная цель рекомендаций, предложенных в 2010 г. Corrado D., Pelliccia A., состояла в получении достоверной границы между физиологическими и потенциально злокачественными изменениями на ЭКГ спортсмена. С этой целью все ЭКГ-феномены были разделены на две группы: первая – связанные со спортом и встречающиеся часто, вторая – не связанные со спортом и встречающиеся редко [54]:

1) связанные со спортом и встречающиеся часто: синусовая брадикардия, миграция водителя ритма, АВ блокада I степени, неполная блокада правой ножки пучка Гиса (НБПНПГ), синдром ранней реполяризации левого желудочка, изолированные вольтажные критерии гипертрофии миокарда левого желудочка;

2) не связанные со спортом и встречающиеся редко: инверсия зубца Т, депрессия сегмента ST, патологический зубец Q, отклонение электрической оси сердца влево/блокада передней ветви левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ), отклонение электрической оси сердца вправо/блокада задней ветви ЛНПГ, гипертрофия миокарда правого желудочка, синдром преждевременного возбуждения желудочков, полная блокада ЛНПГ или полная блокада правой ножки п. Гиса, удлинение или укорочение интервала QT, Бругада-подобная ранняя реполяризация левого желудочка.

При выявлении ЭКГ-феноменов первой группы необходимо учитывать, что разные виды спорта по-разному ассоциированы с такими проявлениями. Уровень и длительность тренировок и соревнований, вид спорта, тип физических нагрузок играют важную роль в формировании типичных, ассоциированных с адаптацией к физическим нагрузкам, изменений на ЭКГ. Выраженность ЭКГ-изменений спортсменов зависит от пола, расы, уровня тренированности и вида спорта (рисунок 6) [51].

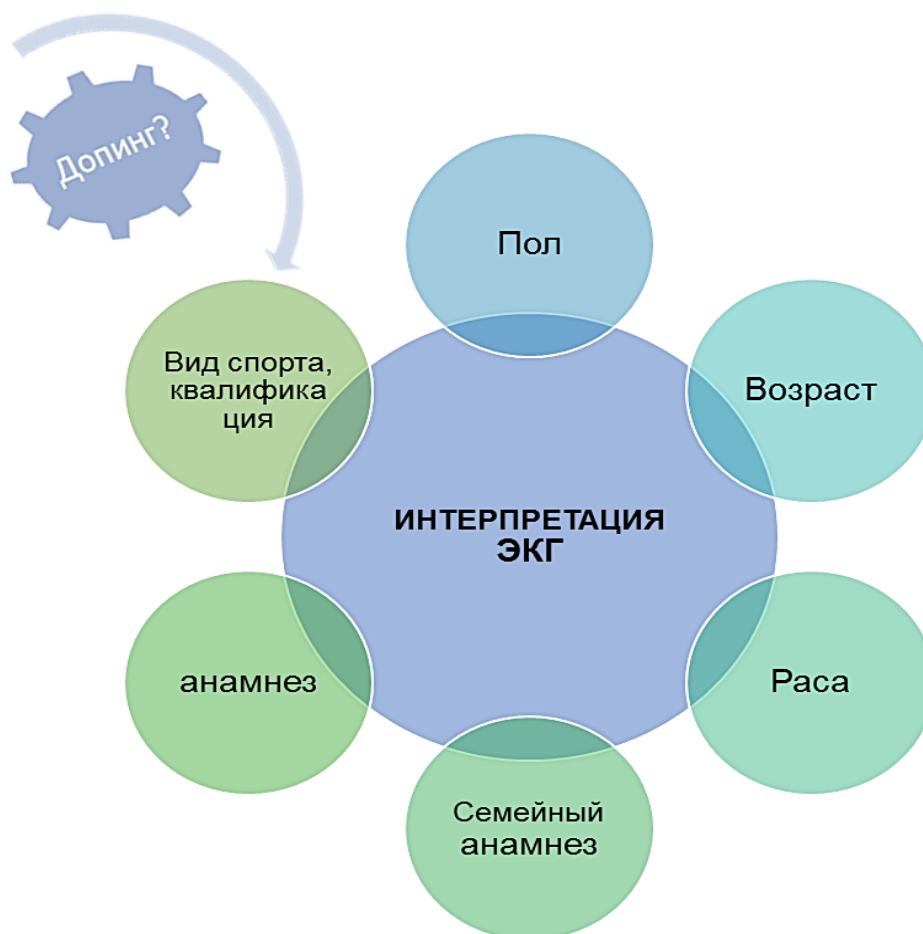


Рисунок 6 – Факторы, влияющие на ЭКГ спортсмена

Наиболее частыми ЭКГ-синдромами спортсменов являются синдромы, связанные с повышенной активностью парасимпатической нервной системы и блуждающего нерва, не проявляющиеся клинически.

Необходимо отметить, что методологический подход к статистическому анализу ЭКГ спортсменов у разных авторов отличается. Так 5-минутная запись ЭКГ, использование проб с физической нагрузкой и суточного мониторинга ЭКГ существенно меняют процент выявления нарушений ритма сердца у спортсменов в сравнении со стандартной ЭКГ покоя. Кроме того, одни авторы включают физиологические нарушения ритма и проводимости в статистику (в том числе синусовую брадикардию), другие оценивают только те аритмии, которые являются для спортсменов патологией. Это приводит к тому, что в литературе информация о распространенности НРС у спортсменов крайне противоречива – от полного отсутствия до 80 % [55].

На современном этапе при интерпретации ЭКГ спортсменов выделяют допустимые (нормальные) ЭКГ изменения, недопустимые (патологические), пограничные изменения на ЭКГ. В зависимости от выявленных ЭКГ изменений определяется дальнейшая тактика с принятием решений о необходимости дальнейшего углубленного дообследования (диагностического поиска) спортсмена (рисунок 7) [53].



Рисунок 7 – Алгоритм интерпретации ЭКГ спортсмена

Среди самых частых находок на ЭКГ атлета – синусовая брадикардия, или частота сердечных сокращений (ЧСС) меньше 60 в минуту. Этот феномен является у атлета вариантом нормы, в то время как у физически неактивных лиц может указывать на патологию и быть предметом диагностического поиска. По данным Орджоникидзе и соавт. оценивать адекватность функции синусового узла у спортсменов при нагрузочном тестировании или с помощью суточного мониторинга ЭКГ (СМ-ЭКГ) (в том числе, в течение физической нагрузки), рекомендуется при наличии морфологических изменений в сердце или без них, в случае выраженной брадикардии, сопровождающейся клинической симптоматикой [15, 53, 56–58].

По литературным данным, синусовая аритмия (СА) может быть выявлена от 13 до 69 % обследованных спортсменов. СА с высоким тонусом блуждающего нерва и характеризуется повышением частоты ритма во время вдоха и снижением во время выдоха. По данным некоторых авторов, резкая СА с разницей между сердечными циклами от 0,31 до 0,60 секунд встречается у 3,6 % спортсменов. Существует мнение, что выраженность СА повышается параллельно с ростом тренированности спортсмена.

Атриовентрикулярная (АВ) блокада I степени требует дополнительного обследования (СМ-ЭКГ, эхокардиография, электрофизиологическое исследование) при наличии сопутствующего уширения комплекса QRS, удлинении интервала PQ более чем 300 мсек, а также при замедлении АВ проведения при нагрузочных тестах. АВ блокады III степени и II степени типа

Мобитц II не являются проявлением адаптивной перестройки сердца спортсмена, требуют углубленного обследования, и, как правило, отказа от занятий спортом [15, 53, 57, 58].

Из нарушений внутрижелудочковой проводимости для спортсменов характерно замедление проведения электрического импульса по правой ножке пучка Гиса, которое проявляется наличием комплексов qRSr' в правых грудных отведениях (VI, V₂ и, иногда, в V₃); в ряде случаев встречается комплекс qrSR' в отведении VI (иногда, и в V₂) без значительного уширения желудочкового комплекса. Подобное нарушение проводимости чаще всего трактуется, как НБПНПГ, которая является наиболее часто регистрируемым у атлетов феноменом, указывающим на замедление внутрижелудочковой проводимости. В работах зарубежных и отечественных авторов отмечено, что в видах спорта, требующих наличия качества выносливости, НБПНПГ имеется, примерно, у 50 % спортсменов. При уширении интервала QRS до 0,12 секунд, наличии полной БПНПГ / БЛНПГ требуется проведение дальнейших исследований, так эти изменения могут свидетельствовать о значимом органическом поражении миокарда [15, 53, 57, 58].

СРРЛЖ является относительно доброкачественным ЭКГ-феноменом, типичным для спортсменов и отражающим повышенную активность парасимпатических влияний на миокард. Типичными ЭКГ-признаками этого синдрома является наличие точки соединения (псевдозубец г) или волны соединения (волна J) на нисходящем колене зубца R и горизонтальный или косонисходящий подъем сегмента ST на 1–6 мм выпуклостью книзу в двух и более смежных отведениях. Признаки СРРЛЖ варьируют по степени выраженности, морфологии и распространенности. По мнению некоторых исследователей, при СРРЛЖ наблюдаются патогенетические механизмы, аналогичные таковым при идиопатической фибрилляции желудочков и синдроме Бругада, в связи с чем, иногда предлагается объединяющий термин – «синдром «J wave». Исходя из этого, при обнаружении у спортсмена СРРЛЖ в нижних или боковых отведениях (особенно с выраженным изменением конечной части QRS), сочетающегося с синкопами и эпизодами остановки сердца, в качестве возможного диагноза European Society of Cardiology рекомендует рассматривать патологическое состояние – идиопатическую фибрилляцию желудочков [15, 53, 57, 58].

Частым ЭКГ-феноменом, обнаруживаемым у спортсменов, являются вольтажные критерии гипертрофии левого желудочка (критерий Соколова-Лайона и корнельский показатель) с сохранением нормальной электрической оси сердца, желудочковой и предсердной электрической активности, без смещения сегмента ST и изменений зубцов T в левых отведениях. Эти критерии практически никогда не свидетельствуют о действительно существующей гипертрофии миокарда у спортсмена [15, 53, 57, 58].

Исследование Pellica A. и соавт. показало, что ЭКГ-критерии гипертрофии (вольтажные) присутствуют у 60 % обследованных из 1005 спортсменов высокого класса, однако в дальнейшем ни один из случаев не подтвердился данными ультразвукового обследования, что свидетельствует о низкой

специфичности признаков и необходимости проведения дополнительных обследований спортсменов.

Вместе с тем, невольтажные критерии гипертрофии миокарда желудочков, такие как гипертрофия левого предсердия, отклонение электрической оси сердца влево, изменения сегмента ST и зубца T, увеличение времени внутреннего отклонения, патологические зубцы Q требуют проведения ультразвуковой визуализации для исключения структурных заболеваний сердца [15, 53].

Также к нетипичным изменениям ЭКГ у спортсменов относят инверсию зубца T, сглаженные, двухфазные или отрицательные зубцы T в III стандартном и aVL отведениях, а также в правых грудных отведениях (V_1-V_3). Отрицательные зубцы T обнаруживаются у спортсменов гораздо реже, чем это принято было считать, и инверсия зубца T более, чем на 2 мм в смежных отведениях может свидетельствовать о структурных заболеваниях сердца. Отрицательные зубцы T в нижних отведениях (II, aVF) и латеральных отведениях (I, aVL, V_5-V_6) могут свидетельствовать о наличии у спортсмена таких заболеваний как гипертрофическая кардиомиопатия, синдром некомпактного миокарда левого желудочка, стабильная артериальная гипертензия, клапанные пороки сердца и требуют углубленного обследования [15, 53].

Синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта у спортсменов встречается с той же частотой, что и в остальной популяции, и составляет 0,1–0,3 %. Этот синдром является редкой причиной жизнеугрожающих аритмий (фибрилляции предсердий и последующей фибрилляции желудочков) и составляет не более 2 % в структуре причин ВС спортсменов.

Клиническая интерпретация ЭКГ спортсмена подразумевает обязательную оценку продолжительности интервала QT во II стандартном отведении или в грудных отведениях V_3 или V_5 (учитывается наиболее длинный интервал). Однако необходимо иметь в виду ряд сложностей в оценке QT интервала у спортсменов: неточность формулы Базетта для расчета QTc при выраженной синусовой аритмии (характерной для спортсменов), а также при брадикардии меньше 40 уд/мин и тахикардии более 120 уд/мин. На точность расчетов также влияет несколько более широкий комплекс QRS у спортсменов и более частое обнаружение зубца U. При наличии U-волны окончание T-зубца должно соответствовать точке «дна» между T и U волной, а при отсутствии точки перехода T-зубца в U-волну в этом отведении QT интервал не рассчитывается [15, 53].

Нормативным значением QTc принято считать 440–450 мсек, однако сегодня выдвигаются рекомендации по расширению границы нормы до 470 мс для мужчин и 480 мс для женщин. Имеется тенденция к обнаружению более продолжительного интервала QTc у спортсменов, однако в целом этот показатель находится в тех же нормативных рамках, что и в общей популяции.

При выявлении у спортсмена удлиненного интервала QT необходимо исключить приобретенные, а в некоторых случаях и врожденные варианты синдрома. Наиболее частыми причинами вторичного удлинения интервала QT являются:

- прием препаратов, вызывающих удлинение интервала QT;

- метаболические и электролитные нарушения (например, на фоне хронического обезвоживания или безбелковой диеты);
- структурные заболевания миокарда.

Более редким является синдром укорочения QT интервала, при котором выявляются абсолютные значения QT менее 310 мс и коррегированный QT интервал менее 360 мс. Эта редкая форма каналопатий также ассоциирована с риском фатальных желудочковых тахиаритмий [15, 53].

Использование носимых устройств приобретает все большую популярность не только в повседневной жизни, но и в медицине, в частности, в спортивной кардиологии. Это связано с тем, что синхронизированный анализ параметров физической активности и непрерывно регистрируемых физиологических показателей, в том числе ЭКГ, может повысить эффективность диагностики, мониторинга и лечения сердечно-сосудистых заболеваний. С другой стороны, применение носимых устройств с возможностью мониторинга ЭКГ позволит индивидуализировать нормирование нагрузок спортсменам и физически активным лицам с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Тем не менее исследователи подчеркивают, что доказательность неоспоримых преимуществ данного метода в настоящее время не достаточна – существует общий научный интерес к его возможному использованию. В связи с этим ожидается большое количество научных исследований в спортивной кардиологии в ближайшие несколько лет [59].

1.3.2. ЭКГ стресс-тест в спорте: специфика

Проведение теста с физической нагрузкой является универсальным методом выявления процессов нарушения толерантности к интенсивной физической нагрузке, в частности у спортсменов, а также дает возможность оценить уровень физической работоспособности независимо от внешних факторов. Проведение нагрузочного тестирования у здоровых лиц – важный элемент количественного измерения уровня здоровья. Целью данной формы реализации диагностического метода является оценка функциональных резервов спортсмена, его адаптации к физической нагрузке.

К основным особенностям применения нагрузочных тестов у физически активных лиц можно отнести [36]:

- 1) использование тестов для контроля за работоспособностью (PWC150,170);
- 2) анализ эргометрических параметров работоспособности (скорость, мощность, время), расчет соотношения выполненной работы и ЧСС, оценка концентрации лактата на ступенях нагрузки и в восстановительный период;
- 3) дифференцированный подход к анализу специфических элементов работоспособности (аэробные, анаэробные тесты, тесты на специфических эргометрах);
- 4) частое использование максимальных нагрузочных тестов.

В настоящий момент нет единого мнения об изменениях реполяризации (сегмент ST и T зубец) как при тесте с физической нагрузкой, так и при стандартном ЭКГ обследовании [60–63]. Кроме того, нет однозначного мнения

о «физиологичности» феномена бесконечного тона, регистрируемого во время физической нагрузки у спортсменов [64].

При различной прогностической ценности тех или иных методов (выбор протокола исследования, нагрузочного устройства, методов регистрации данных и т.д.), крайне важно сопоставлять полученные данные со спецификой вида спорта, тренировочного режима, пола, возраста, а также антропометрических особенностей спортсменов. Кроме того, важно соблюдать рекомендованные алгоритмы проведения исследования для получения достоверных и клинически значимых данных. В ряде случаев неправильный выбор вида тестирования, протокола нагрузки, нагрузочного устройства и т.д. может приводить к снижению информативности исследования [64–67]. При выполнении функционального нагрузочного тестирования задается нагрузка различной, чаще всего нарастающей, мощности. Различия в алгоритмах тестирования заключаются в длительности ступени и скорости прироста интенсивности нагрузки, наличии и продолжительности периодов отдыха/остановки между ступенями (рисунок 8).

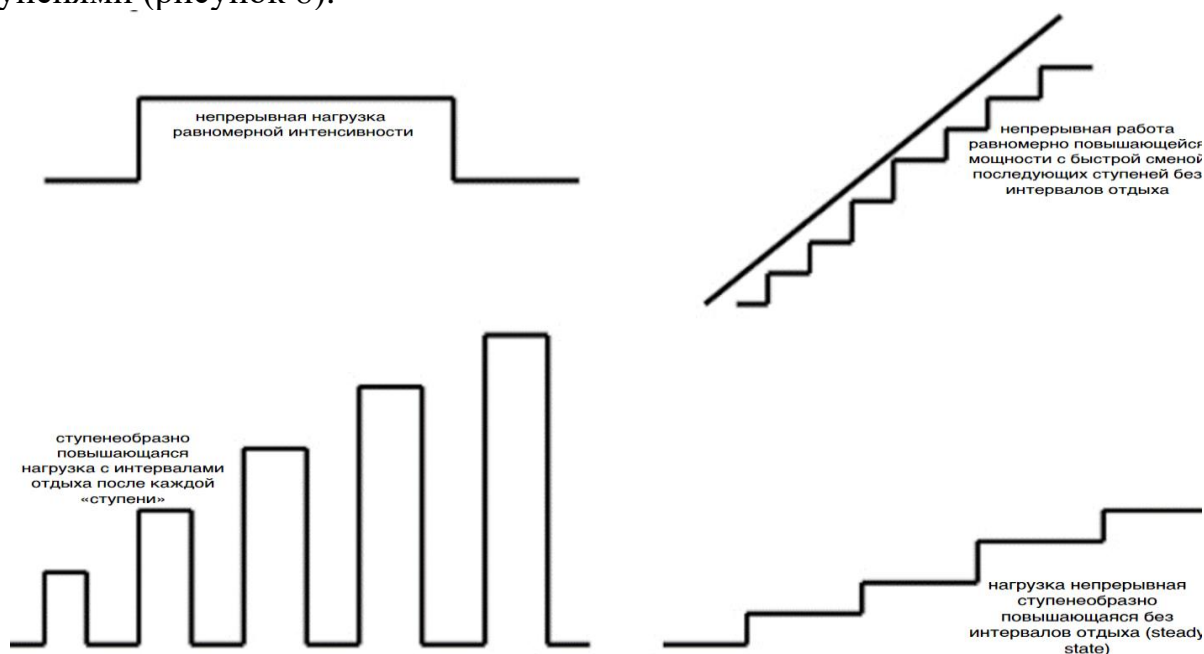


Рисунок 8 – Типы протоколов нагрузочного тестирования

Для получения сравнимых, воспроизводимых и удобных для оценки показателей требуются эффективные методы дозирования физической нагрузки. Выбор адекватного шага возрастания нагрузки – один из важнейших этапов в индивидуальной подготовке теста для каждого спортсмена.

При выборе протокола нагрузочного тестирования решающее значение имеет его соответствие целям и задачам тестирования, возможностям обследуемого. Один из важнейших факторов – учет параметров, гарантирующих получение исчерпывающей информации и хорошую воспроизводимость результатов нагрузочного тестирования.

1.3.3. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование в оценке функциональной подготовленности

Значимым преимуществом стресс-теста с газоанализом (эргоспирометрии) или кардиореспираторного нагрузочного тестирования (КРНТ) является возможность одновременной оценки функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма. КРНТ считается эталонным методом оценки работоспособности и «золотым стандартом» в функциональном тестировании. При этом, широкое использование эргоспирометрических исследований как в клинической практике, так и в практике спортивной медицины и науки, ограничивается рядом факторов: высокой стоимостью оборудования, длительностью исследования, необходимостью глубоких специальных знаний. Как показали результаты ряда исследований, нагрузочное тестирование с дополнительным измерением параметров газообмена, является не только надежным диагностическим инструментом в выявлении патологии, но и предоставляет значимую дополнительную информацию для выработки индивидуальных рекомендаций по режиму двигательной активности, в том числе в когорте профессиональных спортсменов [68–72].

В рекомендациях ЕАСРР/АНА 2016 г. представлен раздел «КРНТ у практически здоровых лиц». Нормативные значения, используемые для параметров КРНТ, были получены для населения в целом [73]. Поэтому не представляется целесообразным интерпретировать результаты КРНТ профессиональных спортсменов на основе представленных рекомендаций и разработанных общепопуляционных нормативных оценок. Нормативные эталонные стандарты КРНТ, применимые к спортсменам, в настоящее время ограничены метаанализами, состоящими в основном из небольших гетерогенных исследовательских выборок [74]. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования для выработки рекомендаций по интерпретации КРНТ для каждой конкретной группы испытуемых, в том числе для атлетов с различной направленностью тренировочных и соревновательных нагрузок.

Точная интерпретация результатов КРНТ зависит от возраста, пола, уровня двигательной активности (направленности тренировочного процесса). Спортсмены демонстрируют различия в профилях гемодинамики и газообмена при нагрузке не только по сравнению с общей популяцией, но и в зависимости от вида спорта [71, 72]. Физиологические особенности взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем в ответ на тестирующие нагрузки спортсменов различных видов спорта требуют дифференцированного подхода к оценке результатов (интерпретации) КРНТ.

В настоящее время большинство специалистов рассматривают показатель максимального потребления кислорода (МПК) как наиболее оптимальную и объективную меру оценки кардиореспираторной выносливости (КРВ) и важный компонент физической подготовленности (рисунок 9). Анализ результатов исследований последних трех десятилетий показал, что низкий уровень КРВ ассоциируется с повышением риска смертности от всех причин и рассматривается в качестве важного маркера ССЗ [33, 75].



Рисунок 9 – Компоненты физической подготовленности

Измерение максимального (пикового) потребления кислорода при эргоспирометрии необходимо для диагностики общей и специальной работоспособности спортсменов. Однако интерпретация результатов КРНТ не сводится к получению только данного показателя при всей его значимости. Так, в определении уровня функциональной подготовленности спортсменов дополнительный объем ценной информации может быть получен при расчете отношения фактических значений показателей КРНТ к должным, разработке индексированных значений (например, кислородная стоимость единицы работы, «физиологическая цена работы»), а также – анализе динамики измеряемых параметров вентиляции и газообмена, оценке гемодинамических реакций в ответ на дозированную физическую нагрузку.

Алгоритм определения группы риска спортсменов различных видов спорта по результатам проведения кардиореспираторного нагрузочного теста представлен на рисунке 10.

Алгоритм интерпретации результатов эргоспирометрии может быть представлен следующим образом:

- Все показатели зеленого цвета: дополнительного обследования не требуется.
- Большинство показателей в красном/оранжевом/желтом цветах: необходима консультация врача и/или дополнительные методы исследования.
- Изменение от зеленого до красного цветов указывает на ухудшение функционального состояния сердечно-сосудистой и/или дыхательной системы.

ЭКГ в покое		
ЭКГ норма / наличие ЭКГ-феноменов, допустимых при занятиях спортом	Пограничные изменения на ЭКГ	Патологические изменения на ЭКГ
Показатели газоанализа		
Показатель КРВ/ КП в пределах референтных значений для группы вида спорта	Показатель КРВ/КП снижен	
Стандартные показатели НТ		
Гемодинамические показатели	ЭКГ	Восстановление
Повышение САД во время выполнения НТ	Нарушения ритма/проводимости/ изменения сегмента ST во время или после проведения НТ не зарегистрированы	Своевременное восстановление ЧСС, АД
Нет изменений САД во время выполнения НТ	Изменения ритма, очаги эктопической активности и/или изменения сегмента ST во время НТ зарегистрированы, однако не привели к прекращению НТ	Замедленное восстановление ЧСС и/или АД
Падение САД во время выполнения НТ	Изменения ритма, очаги эктопической активности и/или изменения сегмента ST привели к прекращению НТ	Не восстановились ЧСС и/или АД
Причина прекращения НТ		
Максимальное утомление/максимальная ЧСС	Медицинские показания	
<p><i>КРВ – кардиореспираторная выносливость;</i> <i>НТ – нагрузочное тестирование;</i> <i>КП – кислородный пульс;</i> <i>АД – артериальное давление, мм рт. ст.;</i> <i>САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.;</i> <i>ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.</i></p>		

Рисунок 10 – Комплексная оценка результатов эргоспирометрии

В настоящем алгоритме учитываются: наличие/отсутствие изменений на ЭКГ, стандартные показатели нагрузочного тестирования с газоанализом. При оценке динамики артериального давления на нагрузку необходимо принимать во внимание колебания референтных величин АД в покое у спортсменов различных

видов спорта. При нагрузке АД может существенно меняться. Как правило, по мере роста мощности нагрузки пропорционально увеличивается АД систолическое. Однако у спортсменов нередко наблюдается только незначительный прирост АД систолического во время нагрузочного тестирования.

Необходимо учитывать, что при проведении пробы на пике нагрузки может быть отмечено снижение АД. Это связано с тем, что спортсмен не держит скорость педалирования, не может наращивать усилия и снижает их мощность. В некоторых случаях отмечается высокий стартовый прирост систолического АД с приростом АД на 1–2-й ступенях теста до 50–60 мм рт. ст. Однако затем прирост значительно замедляется, и допустимый уровень АД держится до окончания теста (динамика по типу «плато»). Неадекватная динамика АД в каждом конкретном случае должна быть сопоставлена с самочувствием и жалобами спортсмена.

1.3.4. Оценка вариабельности сердечного ритма

Показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) тесно связаны с функциональным состоянием спортсмена, а также отражают текущий уровень активности регуляторных систем. Методы оценки ВСР не предназначены для диагностики клинических патологий. Преимущество данного метода состоит в возможности обнаружить тончайшие отклонения в сердечной деятельности, что особенно эффективно для оценки общих функциональных возможностей организма в норме [76].

Большое внимание в работах зарубежных исследователей, как и ранее, уделяется оценке функционального состояния по данным анализа вариабельности ритма сердца. Опубликованные исследования показывают, что спектральный анализ ВСР является эффективным инструментом для мониторинга и оптимизации тренировочного процесса, а также для прогнозирования спортивной результативности [77–81].

Результаты изучения взаимосвязи между продолжительностью, интенсивностью тренировок и восстановлением вегетативной нервной системы (ВНС) у спортсменов продемонстрировали, что высокоинтенсивные нагрузки приводят к увеличению периода восстановления ВНС, о чем могут свидетельствовать показатели ВРС. Недостаточные интервалы отдыха между тренировками и соревнованиями (независимо от интенсивности нагрузки) создают предпосылки к накоплению утомления. Ученые рекомендуют продолжить исследования по оптимизации стратегий постнагрузочного восстановления и изучению потенциальных кумулятивных эффектов выполнения нескольких последовательных тренировок различной интенсивности с целью определения времени полного восстановления ВНС [82, 83].

Научные исследования также направлены на сопоставление подходов к определению индивидуальных пороговых значений интенсивности нагрузок по показателям вариабельности ритма сердца, кинетики кислорода и углекислого газа при выполнении стресс-теста (вентиляторный порог), динамики лактата на ступенях нагрузочного теста (лактатный порог). Анализ данных продемонстрировал, что результаты, полученные при применении изучаемых методов, тесно, но не значимо, коррелируют между собой. Причиной таких

результатов исследования может служить отсутствие единого стандартизированного подхода не только к выполнению, но и к интерпретации результатов применяемых методов. В связи с этим крайне актуальными остаются вопросы научного обоснования новых и стандартизация (унификация) традиционных подходов к определению индивидуальных пороговых значений интенсивности нагрузок у профессиональных спортсменов [84].

1.3.5. Эхокардиографическая диагностика

Для сердца спортсмена характерно гармоничное и последовательное увеличение размеров всех камер сердца, негармоничное (непропорциональное) ремоделирование предполагает нефизиологический процесс [34].

По отдельным данным, среди спортсменов с преимущественно тренируемой выносливостью дилатация в пределах более 60 мм по конечно-диастолическому размеру левого желудочка (КДР ЛЖ), соответствующая критериям дилатационной кардиомиопатии, встречается более чем в 10 % случаев [85]. У части этих лиц, помимо дилатации, в покое присутствует систолическая дисфункция ЛЖ в виде снижения фракции выброса (ФВ) ЛЖ покоя до уровня <50 %, с ее нормализацией на фоне проб с физической нагрузкой.

Согласно рекомендациям Британского эхокардиографического общества оценку камер сердца у спортсменов необходимо проводить с учетом различных параметров (таблица 6) [86].

Таблица 6 – Информативные параметры при эхокардиографической оценке сердца спортсмена

Пол	Спортсмены-мужчины чаще демонстрируют эксцентрическое ремоделирование всех камер сердца
Возраст	Ремоделирование сердца в большей степени выражено у спортсменов старшего возраста
ППТ	Все размеры камер сердца должны быть индексированы
Анамнез	При положительном анамнезе (боль в груди при физической нагрузке, обморок или предобморок, перебои в работе сердца, одышка) необходимо тщательно оценить потенциальные причины ВСС
ЭКГ	Тип изменений ЭКГ определяет фокус обследования. Инверсия зубца Т в отведениях V ₁ – V ₃ – целенаправленная оценка правых отделов сердца. Нижнебоковая инверсия зубца Т требует подробного обследования левого желудочка
Объем тренировок	У профессиональных спортсменов более высокая степень физиологической адаптации сердца
Вид спорта	Спортсмены в видах спорта на выносливость, вероятно, будут иметь большую адаптацию всех камер, чем спортсмены, которые занимаются спортом с комбинированным типом нагрузки или силовой нагрузкой

В спортивных рекомендациях Европейского и Американского общества кардиологов (ESC/АНА) ЭХОКГ не заявлена в качестве рутинного скринингового метода, а показания к ее использованию не очерчены ввиду

отсутствия проспективных клинических и клинико-экономических исследований данного вопроса [16]. У молодых спортсменов, длительное время занимающихся интенсивными физическими нагрузками, может развиваться гипертрофия миокарда даже к возрасту 20–25 лет и ранее. В таких случаях важной представляется задача дифференциальной диагностики между проявлением адаптации к нагрузке (в физиологических или патологических объемах) или проявлением генетически обусловленных заболеваний сердца [48]. В таблице 7 представлены результаты исследований по оценке левого желудочка спортсменов с учетом направленности нагрузок.

Таблица 7 – Параметры ЭХОКГ спортсменов по данным различных исследований

Авторы	Направленность нагрузок	Параметр ЭХОКГ, группа исследования	Среднее значение, мм	Максимум, мм
Pelliccia et al.	Выносливость/сила	КДР ЛЖ (мужчины)	55	70
Whyte et al.	Выносливость/сила	КДР ЛЖ (женщины)	49	66
Makan et al.	Выносливость	КДР ЛЖ (подростки)	51	60
Spirito et al.	Выносливость/сила	ТЗСЛЖ (мужчины)	10	16
Rawlins et al.	Выносливость/сила	ТЗСЛЖ (женщины)	9,5	13
Sharma et al.	Выносливость/сила	ТЗСЛЖ (подростки)	9,5	12

В ряде случаев неблагоприятный прогноз развития кардиоваскулярной патологии ассоциирован с выявлением на ЭХОКГ различных структурно-функциональных изменений: КДР ЛЖ – больше 60 мм при сниженном E/e' на митральном клапане (Kasikcioglu H.A. et al., 2006), менее 45 мм (Grazioli G. et al., 2015), конечно-диастолический объем (КДО) ЛЖ больше 80 мл/м² (EchoNoRMAL, 2015), диаметр левого предсердия (ЛП) более 40 мм (Pelliccia A. et al., 2005), снижение E' на митральном клапане менее 6 см/с (Grazioli G. et al., 2015).

Использование эхокардиографии в зарубежной литературе фокусируется на диагностике кардиомиопатий. По мнению исследователей, ключевым моментом при выявлении пограничных структурных изменений сердца спортсмена является их оценка во взаимосвязи с функциональной подготовленностью атлета (оценкой кардиореспираторной выносливости) [87–93].

Традиционно научный интерес в изучении сердца спортсмена в основном был сосредоточен на оценке левого желудочка, в последнее время внимание исследователей направлено и на другие структуры, такие как правый желудочек, предсердия и аорта, что связано также и с совершенствованием технических возможностей приборов ультразвуковой диагностики. Однако в настоящее время отсутствуют общепринятые и единогласные рекомендации по использованию эхокардиографических пороговых значений для разграничения физиологической и патологической адаптации сердца спортсмена [17, 18, 94–98].

Вопрос прогнозирования физической работоспособности по морфофункциональным показателям сердца остается дискутируемым. Результаты исследований по оценке взаимосвязи между структурой сердца и КРВ у спортсменов противоречивы [96].

2. АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В СПОРТЕ

Проблема физической работоспособности занимает особое место в спорте. Определение физической работоспособности, наряду со спортивными результатами и данными, полученными при спортивно-педагогическом контроле, необходимо для оценки состояния подготовленности спортсмена и управления его тренировочным процессом. Изучение компонентов комплексного механизма физической работоспособности является важным направлением научных исследований, связанных с подготовкой перспективного спортивного резерва и воспитанием здорового, во всех отношениях, поколения. В научной литературе физическая работоспособность в том числе отождествляется с максимальной аэробной мощностью (кардиореспираторной выносливостью) [99–102].

Физическая работоспособность является интегральным показателем функционального состояния организма и зависит от морфологического и функционального состояния основных систем жизнеобеспечения и, в первую очередь, от состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Проявление работоспособности в значительной мере зависит от психологических факторов (мотивации спортсмена). Работоспособность следует оценивать при помощи прямых и косвенных показателей.

Прямые показатели у спортсменов позволяют оценивать их спортивную деятельность как с количественной (метры, секунды, килограммы, очки и т.д.), так и с качественной (надежность и точность выполнения конкретных физических упражнений) стороны. К косвенным критериям работоспособности относят различные клинико-физиологические, биохимические и психофизиологические показатели, характеризующие изменения функций организма в процессе работы. Другими словами, косвенные критерии работоспособности представляют собой реакции организма на определенную нагрузку и указывают на то, какой физиологической ценой для атлета обходится эта работа. Это дает основание использовать тесты с физической нагрузкой для прогнозирования работоспособности спортсмена, а также для выяснения механизмов адаптации к конкретной профессиональной деятельности, оценке развития утомления и анализа других функциональных состояний организма [101–104].

Для оценки работоспособности при тестировании обычно используется совокупность показателей, т.е. результат проделанной работы и уровень адаптации организма к данной нагрузке. Это объясняется главным образом тем, что работоспособность во многом зависит не только от состояния функций организма, но и от ряда других факторов (характер и условия физических нагрузок, их интенсивность и длительность, мотивация, режим отдыха, питания и т.д.). Достижение высоких спортивных результатов зависит не только от работоспособности, но и от уровня развития специальных качеств, т.е. от тренированности [101].

Оценка общей работоспособности по результатам нагрузочного тестирования и его прогностическая значимость существенно возрастает при комплексном использовании различных функционально-диагностических методов. Параметры, учитываемые в комплексной оценке физической работоспособности спортсмена представлены на рисунке 11.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММА			
норма			
пограничные изменения			
патология			
ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА			
<i>Текущее функциональное состояние</i>			
хорошее	удовлетворительное	снижено	
ЭХОКАРДИОГРАФИЯ			
<i>Морфофункциональные параметры</i>			
норма			
пограничные изменения («серая зона»)			
патология			
ЭРГОСПИРОМЕТРИЯ			
<i>Коэффициент работоспособности (Вт/кг)</i>	<i>Уровень кардиореспираторной выносливости (мл/мин/кг)</i>	<i>Кислородный пульс, мл/уд</i>	<i>Восстановление ЧСС к 5 мин (%)</i>
высокий	высокий	высокий	своевременное
ниже среднего	ниже среднего	ниже среднего	замедленное
средний	средний	средний	не восстановилась
<i>Критерии завершения теста</i>			
Максимальное утомление (критерии максимальной нагрузки соблюдены)		Медицинские Не мотивирован на выполнение пробы	

Рисунок 10 – Комплексная оценка результатов эргоспирометрии

Различные подходы к определению уровня общей физической работоспособности предполагают количественную оценку комплекса морфофункциональных факторов, учет критериев энергообеспечения физической нагрузки, определение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Результаты оценки взаимосвязи между величиной нагрузок, кардиореспираторной подготовленностью и структурно-функциональными параметрами сердца могут использоваться для определения критериев физиологической адаптации (D'Ascenzi F. 2017, Conti V. 2021, Tokodi M. 2022). При этом, анализ литературных данных подтверждает необходимость дальнейшего накопления количества наблюдений в различных видах спорта для изучения более углубленных взаимосвязей между морфологическими характеристиками сердца и функциональными возможностями спортсменов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наряду с разработанными критериями оценки функциональной подготовленности (физической работоспособности) спортсменов, базирующимися на прежних фундаментальных и прикладных исследованиях, на современном этапе не теряет свою актуальность дальнейшее углубление и расширение разработанных подходов, а также – обоснование новых, которые основываются на возможностях современных диагностических систем. Без дифференцированной оценки различных сторон подготовленности спортсменов вопросы управления тренированностью и восстановлением, коррекции функционального состояния значительно теряют свою эффективность.

Расширение знаний о структурно-функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов становится возможным с учетом дополнительных и информативных методов диагностики. Поскольку данные о морфологических и функциональных изменениях миокарда у спортсменов крайне неоднородны, необходим дифференцированный подход к оценке адаптационных изменений с применением электрокардиографии, эхокардиографии и функциональных нагрузочных тестов у спортсменов с различной направленностью физических нагрузок. Оценка общей работоспособности по результатам нагрузочного тестирования и его прогностическая значимость существенно возрастает при комплексном использовании различных диагностических методов.

Важнейшим условием успешности спортивной подготовки является своевременное получение объективной информации о состоянии здоровья и его функциональных возможностях. Следует отметить, что использование полученной информации требует определенной компетентности участников тренировочного процесса в вопросах интерпретации результатов комплексного тестирования, при наличии которой возможна адекватная коррекция тренировочных воздействий, направленная не только на достижение максимального результата, но и на профилактику дезадаптивных состояний.

Необходимо подчеркнуть, что главная особенность оценки функциональной подготовленности спортсменов – это комплексный подход, направленный на изучение целостной деятельности организма. Он должен нести объективную и существенную информацию о состоянии здоровья, функциональном состоянии кардиореспираторной системы, нервно-мышечного аппарата, морфологическом статусе, а также учитывать психофизиологические параметры, биохимические показатели и др. В связи с этим совокупность методов исследования должна подбираться с таким расчетом, чтобы как можно полнее охарактеризовать все системы организма спортсмена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цибулькин, Н.А. Остановка сердца у спортсменов с позиций практической кардиологии / Н.А. Цибулькин // Практическая медицина. – 2013. – № 3(71) – С. 26–30.
2. Быков, Е.В. Выявление параметров функциональной подготовленности, сопряженных с высокой результативностью соревновательной деятельности у спортсменов циклических видов спорта / Е.В. Быков, О.В. Балберова, А.В. Чипышев, Е.В. Леконцев // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – № S2 – С. 41–46.
3. Быков, Е.В. Взаимосвязь данных функционального тестирования и результатов соревновательной деятельности спортсменов с различной направленностью физических нагрузок / Е.В. Быков, О.В. Балберова, О.И. Коломиец, А.В. Чипышев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 8(162). – С. 32–37.
4. Самушия, К.А. Проблемы и особенности медицинского обеспечения отечественного спорта как фактор, снижающий эффективность подготовки спортсменов / К.А. Самушия, Н.Г. Кручинский, Г.В. Попова, О.В. Петрова // Здоровье для всех. – 2019. – №1 – С. 16–20.
5. Dijkstra HP, Pollock N, Chakraverty R, Alonso JM. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. *Br J Sports Med.* 2014 Apr; 48(7):523-31.
6. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014 Nov; 44 Suppl 2(Suppl 2):S139-47.
7. Baumgartner L, Schulz T, Oberhoffer R, Weberruß H. Influence of Vigorous Physical Activity on Structure and Function of the Cardiovascular System in Young Athletes-The MuCAYA-Study. *Front Cardiovasc Med.* 2019 Oct 9;6:148.
8. Beaudry R, Haykowsky MJ, Baggish A, La Gerche A. A Modern Definition of the Athlete's Heart-for Research and the Clinic. *Cardiol Clin.* 2016 Nov;34(4):507-514.
9. D'Andrea A, Sperlongano S, Russo V, D'Ascenzi F, Benfari G, Renon F, Palermi S, Pardi F, Giallauria F, Limongelli G, Bossone E. The Role of Multimodality Imaging in Athlete's Heart Diagnosis: Current Status and Future Directions. *J Clin Med.* 2021 Oct 31;10(21):5126.
10. Martinez MW, Kim JH, Shah AB, Phelan D, Emery MS, Wasfy MM, Fernandez AB, Bunch TJ, Dean P, Danielian A, Krishnan S, Baggish AL, Eijsvogels TMH, Chung EH, Levine BD. Exercise-Induced Cardiovascular Adaptations and Approach to Exercise and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2021 Oct 5;78(14):1453-1470.
11. Franklin BA, Eijsvogels TMH, Pandey A, Quindry J, Toth PP. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: A clinical practice statement of the ASPC Part I: Bioenergetics, contemporary physical activity recommendations, benefits, risks, extreme exercise regimens, potential maladaptations. *Am J Prev Cardiol.* 2022 Oct 13;12: 100424.
12. Zilio F, Di Fusco SA, Flori M, Malvezzi Caracciolo D'Aquino M, Pollarolo L, Ingianni N, Lucà F, Riccio C, Gulizia MM, Gabrielli D, Oliva F, Colivicchi F. Physical activity and the heart: from well-established cardiovascular benefits to possible adverse effects. *Trends Cardiovasc Med.* 2022 Jan;34(1):18-25.
13. Stefano Palermi, Elena Cavarretta, Flavio D'Ascenzi, Silvia Castelletti, Fabrizio Ricci, Marco Vecchiato, Alessandro Serio, Luna Cavigli, Eduardo Bossone, Giuseppe Limongelli, Alessandro Biffi, Emanuele Monda, Andre La Gerche, Aaron Baggish, Antonello D'Andrea. Athlete's Heart: A Cardiovascular Step-By-Step Multimodality Approach. *Rev. Cardiovasc. Med.* 2023, 24(5), 151.
14. Parizher, G. Exercise Stress Testing in Athletes / G. Parizher, M.S. Emery // Clinics in sports medicine. – 2022. – Vol. 41(3). – P. 441–454.

15. IOC Manual of Sports Cardiology [Electronic resource] / Mathew G. Wilson [et al.] // An IOC Medical Commission Publication. – Mode of access: – https://stillmed.olympics.com/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-WeAre/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/Manuals/2017_Wilson.pdf. – Date of access: 03.10.2023.
16. Andreas Pittaras, Charles Faselis, Michael Doumas, Charalampos Grassos, Peter Kokkinos. Physical Activity and Cardiac Morphologic Adaptations. *Rev. Cardiovasc. Med.* 2023, 24(5), 142.
17. Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов: в 2 ч. / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, Ю.М. Иванова, Д.М. Усманов // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – № 12(3). – Ч. 1: Нормативные показатели. – С. 72–83.
18. Возможности эхокардиографического скрининга у спортсменов: в 2 ч. / А.С. Шарыкин, В.А. Бадтиева, Ю.М. Иванова, Д.М. Усманов // Спортивная медицина: наука и практика. – Ч. 2: Структурные изменения сердца. – 2023. – № 13(1). – С. 5–20.
19. Brown B, Somauroo J, Green DJ, Wilson M, Drezner J, George K, Oxborough D. The Complex Phenotype of the Athlete's Heart: Implications for Preparticipation Screening. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017 Apr;45(2):96-104.
20. Graziano F, Juhasz V, Brunetti G, Cipriani A, Szabo L, Merkely B, Corrado D, D'Ascenzi F, Vago H, Zorzi A. May Strenuous Endurance Sports Activity Damage the Cardiovascular System of Healthy Athletes? A Narrative Review. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2022 Oct 10;9(10):347.
21. Eijsvogels TMH, Thompson PD, Franklin BA. The «Extreme Exercise Hypothesis»: Recent Findings and Cardiovascular Health Implications. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2018 Aug 28;20(10):84.
22. Горбенко, А.В. Спортивное сердце: норма или патология / А.В. Горбенко, Ю.П. Скирденко, Н.А. Николаев, О.В. Замахина, С.А. Шерстюк, А.В. Ершов // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2020. – № 2. – С. 16–25.
23. Pelliccia, A. Recommendations for participation in competitive and leisure time sport in athletes with cardiomyopathies, myocarditis, and pericarditis: position statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) / A. Pelliccia [et al.] // *Eur Heart J.* – 2019. – № 40(1). – P. 19–33.
24. Cardiopulmonary Exercise Testing: What Is its Value? / M. Guazzi [et al.] // *Journal of the American College of Cardiology.* – 2017. – № 70(13). – P. 1618–1636.
25. Focused Update: Clinical Recommendations for Cardiopulmonary Exercise Testing Data Assessment in Specific Patient Populations / M. Guazzi [et al.] // *Circulation.* – 2016. – № 133. – P. 694–711.
26. Захаревич, А.Л. Практические аспекты стресс-теста с газоанализом спортсменов различных видов спорта: практ. пособие / А.Л. Захаревич, Д.С. Марченко, Е.М. Титова. – Минск: РНПЦ спорта, 2022. – 36 с.
27. A department of methodology can coordinate transdisciplinary sport science support / M. Rothwell [et al.] // *Journal of Expertise.* – № 3 (1). – 2020. – P. 55–65.
28. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation / U. Corrà [et al.] // *Eur Heart J.* – 2010. – Vol. 31(16). – P. 1967–1974.
29. Takahashi T, Watanabe T, Tamura H, Nishiyama S, Takahashi H, Arimoto T, Shishido T, Ichikawa K, Inoue S, Konta T, Ueno Y, Kato T, Kayama T, Watanabe M. The impact of physical activity on cardiovascular mortality in the general population. *EXCLI J.* 2021 Aug 6;20: 1294-1304.
30. Merghani A, Malhotra A, Sharma S. The U-shaped relationship between exercise and cardiac morbidity. *Trends Cardiovasc Med.* 2016 Apr;26(3):232-40.

31. Некоторые актуальные аспекты проблемы «спортивного сердца» (обзор литературы) (Часть 1) / Ю.В. Вахненко, И.Е. Доровских, Е.Н. Гордиенко, М.А. Черных // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2021. – № 79 – С. 127–140.
32. Athlete's heart in Israel: fact or fiction / I. Horowitz [et al.] // *Isr Med Assoc.* – 2014. – Vol. 16– P.46–55.
33. Pelliccia, A. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease / A. Pelliccia [et al.] // *Eur Heart J.* – 2021. – № 42(1). – P. 17–96.
34. Pelliccia A, Caselli S, Sharma S, Basso C, Bax JJ, Corrado D, D'Andrea A, D'Ascenzi F, Di Paolo FM, Edvardsen T, Gati S, Galderisi M, Heidbuchel H, Nchimi A, Nieman K, Papadakis M, Pisicchio C, Schmied C, Popescu BA, Habib G, Grobbee D, Lancellotti P; Internal reviewers for EAPC and EACVI. European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *Eur Heart J.* 2018 Jun 1;39(21):1949–1969.
35. Task Force 8: classification of sports / J.H. Mitchell, W. Haskell, P. Snell, S.P. Van Camp // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2005. – Vol. 45, № 8. – P. 1364–1367.
36. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 784 с.
37. Naykowsky MJ, Samuel TJ, Nelson MD, La Gerche A. Athlete's Heart: Is the Morganroth Hypothesis Obsolete? *Heart Lung Circ.* 2018 Sep;27(9):1037-1041.
38. Ghani U, Farooq O, Alam S, Khan MJ, Rahim O, Rahim S. Sudden Cardiac Death in Athletes: Consensus and Controversies. *Cureus.* 2023 Jun 2;15(6):e39873.
39. Макаров, Л.М. Внезапная смерть в спорте: причины и пути профилактики / Л.М. Макаров // *Физкультура в профилактике, лечении, реабилитации.* – 2009. – № 4. – С. 17–22.
40. Maron, B.J. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death / B.J. Maron, A. Pelliccia // *Circulation.* – 2006. – Vol. 114, № 15. – P. 1633–1644.
41. Гаврилова, Е.А. Внезапная смерть в спорте / Е.А. Гаврилова // *Международная научно-практическая конференция государств-участников СНГ по проблемам ФК и спорта: доклады пленарных заседаний.* – Минск, 2010. – С. 91–96.
42. Бокерия, О.Л. Внезапная сердечная смерть у спортсменов / О.Л. Бокерия [и др.] // *Анналы аритмологии.* – 2013. – № 10. – С. 31–39.
43. Pre-participation cardiovascular evaluation for athletic participants to prevent sudden death: Position paper from the EHRA and the EACPR, branches of the ESC. Endorsed by APHRS, HRS, and SOLAECE / L. Mont [et al.] // *European Journal of Preventive Cardiology.* – 2016. – Vol. 24. – P. 41–69.
44. Fanous Y, Dorian P. The prevention and management of sudden cardiac arrest in athletes. *CMAJ.* 2019 Jul 15;191(28):E787-E791.
45. Национальные Рекомендации по определению риска и профилактике внезапной сердечной смерти / Е.В. Шляхто, Г.П. Арутюнов, Ю.Н. Беленков, А.В. Ардашев // *Архив внутренней медицины.* – 2013. – № (4). – С. 5–15.
46. De Innocentiis C, Ricci F, Khanji MY, Aung N, Tana C, Verrengia E, Petersen SE, Gallina S. Athlete's Heart: Diagnostic Challenges and Future Perspectives. *Sports Med.* 2018 Nov;48(11):2463-2477.
47. Cardiovascular preparticipation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology / D. Corrado, A. Pelliccia, H.H. Bjornstad [et al.] // *Eur. Heart J.* – 2005. – Vol. 26, № 516. – 524 p.

48. Rafailakis L, Deli CK, Fatouros IG, Tsiokanos A, Draganidis D, Poullos A, Soulas D, Jamurtas AZ. Functional and Morphological Adaptations in the Heart of Children Aged 12–14 Years following Two Different Endurance Training Protocols. *Sports*. 2023; 11(8):157.
49. Скуратова, Н.А. Рекомендации по допуску детей и подростков к занятиям спортом и ведению юных спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы / Н.А. Скуратова, Л.М. Беляева, Е.Ю. Проценко // *Проблемы здоровья и экологии*. – 2015 –№ 1 (43) – С. 57–62.
50. Некоторые физиологические особенности показателей ЭКГ у спортсменов в подростковом возрасте [Электронный ресурс] / Н.В. Шувалова, Г.Л. Драндров, С.В. Леженина, А.В. Карпунина, А.В. Московский, К.А. Малова, А.В. Рыбин // *Современные проблемы науки и образования*. – 2020. – № 3. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29902>. – Дата доступа: 16.11.2023.
51. Serratos-Fernández L, Pascual-Figal D, Masiá-Mondéjar MD, Sanz-de la Garza M, Madaria-Marijuan Z, Gimeno-Blanes JR, Adamuz C; Grupo de Cardiología del Deporte de la Sociedad Española de Cardiología. Comments on the New International Criteria for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2017 Nov;70(11): 983-990.
52. AHA/ACCF/HRS Recommendations for the standardization and interpretation of the ECG: Part III: intraventricular conduction disturbances / B. Surawicz, R. Childers, B.J. Deal, L.S. Gettes // *J. Am. Coll. Cardiol*. – 2009. – Vol. 53. – P. 976–981
53. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes S. Sharma [et al.] // *European Heart Journal*. – 2017. – Vol. 69, № 8. – P. 1057–1075.
54. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete / D. Corrado [et al.] // *European Heart Journal*. – 2010. – Vol. 31, № 2. – P. 243–259.
55. Гаврилова, Е.А. Допуск лиц с нарушениями ритма и проводимости сердца к занятиям спортом / Е.А. Гаврилова // *Спортивная медицина: наука и практика: материалы 3 науч.- практ. конф. «Реабилитация при патологии опорно-двигательного аппарата»*. – М., 2013. – С. 75–76.
56. Особенности ЭКГ спортсмена / З.Г. Орджоникиндзе [и др.] // *Функциональная диагностика*. – 2005. – №4 – С. 65–74.
57. Ландырь, А.П. Электрокардиограмма спортсмена / А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов. – Тартуский университет. – Москва: Спорт: Человек, 2019. – 321 с.
58. Электрокардиограмма спортсмена: норма, патология и потенциально опасная зона: практическое пособие / Г.А. Макарова, Т.С. Гуревич, Е.Е. Ачкасов, С.Ю. Юрьев. – М.: Спорт: Человек, 2018. – 257 с.
59. Pingitore, A. An overview of the electrocardiographic monitoring devices in sports cardiology: between present and future / A. Pingitore [et al.] // *Clin Cardiol*. – 2023. – №46. – P.1028–1037.
60. van de Sande DAJP, Hoogsteen J, Doevendans PA, Kemps HMC. The influence of LV geometry on the occurrence of abnormal exercise tests in athletes. *BMC Cardiovasc Disord*. 2019 Jan 6;19(1):6.
61. van de Sande DAJP, Barneveld PC, Hoogsteen J, Doevendans PA, Kemps HMC. Coronary microvascular function in athletes with abnormal exercise test results. *Neth Heart J*. 2019 Dec;27(12):621-628.
62. van de Sande DA, Breuer MA, Kemps HM. Utility of Exercise Electrocardiography in Pre-participation Screening in Asymptomatic Athletes: A Systematic Review. *Sports Med*. 2016 Aug;46(8):1155-64.
63. La Gerche A, Baggish AL, Knuuti J, Prior DL, Sharma S, Heidebuchel H, Thompson PD. Cardiac imaging and stress testing asymptomatic athletes to identify those at risk of sudden cardiac death. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013 Sep;6(9):993-1007.

64. Ландырь, А.П. Тесты с дозируемой физической нагрузкой в спортивной медицине/ А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов, И.Б. Медведев. – М.: Спорт, 2019. – 256 с.
65. The Brazilian Society of Cardiology and Brazilian Society of Exercise and Sports Medicine Updated Guidelines for Sports and Exercise Cardiology – 2019 / N. Ghorayeb [et al.] // *Arquivos brasileiros de cardiologia*. – 2019. – Vol. 112(3). – P. 326–368.
66. Максимальное нагрузочное тестирование в практике спортивной медицины: практ. пособие / А.Л. Захаревич [и др.] – Минск: РНПЦ спорта, 2018. – 40 с.
67. Parizher G, Emery MS. Exercise Stress Testing in Athletes. *Clin Sports Med*. 2022 Jul;41(3):441-454.
68. Mezzani, A. Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements / A. Mezzani // *Ann Am Thorac Soc*. – 2017. – Vol.14. – Suppl. 1. – P. 3–11.
69. Современный взгляд на кардиопульмональное нагрузочное тестирование (обзор рекомендаций ЕАСРР/АНА, 2016) / А.С. Ватутин [и др.] // *Архив внутренней медицины*. – 2016. – №1(33). – С. 5–14. 32. Cardiopulmonary Exercise Testing in Athletes: Expect the Unexpected / B.J. Petek [et al.] // *Current treatment options in cardiovascular medicine*. – 2021. – Vol. 23(7). – 49 p.
70. Glaab T, Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respir Res*. 2022 Jan 12;23(1):9.
71. Husaini M, Emery MS. Cardiopulmonary Exercise Testing Interpretation in Athletes: What the Cardiologist Should Know. *Cardiol Clin*. 2023 Feb;41(1):71-80.
72. Mazaheri R, Schmied C, Niederseer D, Guazzi M. Cardiopulmonary Exercise Test Parameters in Athletic Population: A Review. *J Clin Med*. 2021 Oct 29;10(21):5073.
73. Guazzi M, Arena R, Halle M, Piepoli MF, Myers J, Lavie CJ. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*. 2018 Apr 7;39(14):1144-1161.
74. Petek BJ, Tso JV, Churchill TW, Guseh JS, Loomer G, DiCarli M, Lewis GD, Weiner RB, Kim JH, Wasfy MM, Baggish AL. Normative cardiopulmonary exercise data for endurance athletes: the Cardiopulmonary Health and Endurance Exercise Registry (CHEER). *Eur J Prev Cardiol*. 2022 Mar 25;29(3):536-544.
75. Ватутин, Н.Т. Роль кардиореспираторной выносливости в клинической практике / Н.Т. Ватутин, А.С. Смирнова, В.К. Гусака // *Практична ангіологія*. – 2017. – № (77). – С. 53–60.
76. Михайлов, В.М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму)/ В.М. Михайлов. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2017. – 516 с.
77. Perrone MA, Volterrani M, Manzi V, Barchiesi F, Iellamo F. Heart rate variability modifications in response to different types of exercise training in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021 Oct;61(10):1411-1415.
78. Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology. *Exp Ther Med*. 2016 May;11(5):1531-1536.
79. Mamlouk, A. Heart rate variability and stress perception: The influence of physical fitness/ A. Mamlouk [et al.] // *Science & Sports*. – 2021. – Vol. 36 (3) – Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0765159721000307>. – Date of access: 16.11.2023.
80. Ayuso-Moreno RM, Fuentes-García JP, Nobari H, Villafaina S. Impact of the Result of Soccer Matches on the Heart Rate Variability of Women Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Sep 6;18(17):9414.
81. Manresa-Rocamora A, Sarabia JM, Javaloyes A, Flatt AA, Moya-Ramón M. Heart Rate Variability-Guided Training for Enhancing Cardiac-Vagal Modulation, Aerobic Fitness, and Endurance Performance: A Methodological Systematic Review with Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Sep 29;18(19):10299.

82. Wittels, S. H. Recovery of the autonomic nervous system following football training among division I collegiate football athletes: The influence of intensity and time / S. H. Wittels [et al.] // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9(7): e18125. – Mode of access: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37539237>. – Date of access: 06.10.2023.
83. Medellín Ruiz, J.P.; Rubio-Arias, J.Á.; Clemente-Suarez, V.J.; Ramos-Campo, D.J. Effectiveness of Training Prescription Guided by Heart Rate Variability Versus Predefined Training for Physiological and Aerobic Performance Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Appl. Sci.* 2020, 10, 8532.
84. Heart Rate Variability-Derived Thresholds for Exercise Intensity Prescription in Endurance Sports: A Systematic Review of Interrelations and Agreement with Different Ventilatory and Blood Lactate Thresholds / S. Kaufmann [et al.] // *Sports medicine*. – 2023. – Vol. 9, №1. – P. 59.
85. Grazioli G, Sanz M, Montserrat S, Vidal B, Sitges M. Echocardiography in the evaluation of athletes. *F1000Res*. 2015 Jun 15;4:151.
86. Oxborough, D., Augustine, D., Gati, S. et al. A guideline update for the practice of echocardiography in the cardiac screening of sports participants: a joint policy statement from the British Society of Echocardiography and Cardiac Risk in the Young. *Echo Res Pract* 5, G1–G10 (2018).
87. Zholshybek N, Khamitova Z, Toktarbay B, Jumadilova D, Khissamutdinov N, Dautov T, Rakhmanov Y, Bekbossynova M, Gaipov A, Salustri A. Cardiac imaging in athlete's heart: current status and future prospects. *Cardiovasc Ultrasound*. 2023 Dec 14;21(1):21.
88. Flanagan H, Cooper R, George KP, Augustine DX, Malhotra A, Paton MF, Robinson S, Oxborough D. The athlete's heart: insights from echocardiography. *Echo Res Pract*. 2023 Oct 18;10(1):15.
89. Paterick TE, Gordon T, Spiegel D. Echocardiography: profiling of the athlete's heart. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014 Sep;27(9):940-8.
90. Baggish AL, Battle RW, Beaver TA, Border WL, Douglas PS, Kramer CM, Martinez MW, Mercandetti JH, Phelan D, Singh TK, Weiner RB, Williamson E. Recommendations on the Use of Multimodality Cardiovascular Imaging in Young Adult Competitive Athletes: A Report from the American Society of Echocardiography in Collaboration with the Society of Cardiovascular Computed Tomography and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020 May;33(5):523-549.
91. Shaheen H. Heart Failure Prediction in Athletic Heart Remodeling among Long Distance Runners 2022.
92. Krzysztof Kusy, Aging Athlete's Heart: An Echocardiographic Evaluation of Competitive Sprint- versus Endurance-Trained Master Athletes, 2021.
93. Laura Banks, Cardiac Remodeling in Middle-Aged Endurance Athletes and Recreationally Active Individuals: Challenges in Defining the «Athlete's Heart», 2020.
94. Lakatos BK, Kiss O, Tokodi M, Tóser Z, Sydó N, Merkely G, Babity M, Szilágyi M, Komócsin Z, Bognár C, Kovács A, Merkely B. Exercise-induced shift in right ventricular contraction pattern: novel marker of athlete's heart? *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2018 Dec 1;315(6):H1640-H1648.
95. Fábrián A, Ujvári A, Tokodi M, Lakatos BK, Kiss O, Babity M, Zámolics M, Sydó N, Csulak E, Vágó H, Szabó L, Kiss AR, Szűcs A, Hizoh I, Merkely B, Kovács A. Biventricular mechanical pattern of the athlete's heart: comprehensive characterization using three-dimensional echocardiography. *Eur J Prev Cardiol*. 2022 Sep 7;29(12):1594-1604.
96. Lakatos BK, Molnár AÁ, Kiss O, Sydó N, Tokodi M, Solymossi B, Fábrián A, Dohy Z, Vágó H, Babity M, Bognár C, Kovács A, Merkely B. Relationship between Cardiac Remodeling and Exercise Capacity in Elite Athletes: Incremental Value of Left Atrial Morphology and Function

Assessed by Three-Dimensional Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2020 Jan;33(1):101-109.e1.

97. Conte E, Pizzamiglio F, Dessanai MA, Guarnieri G, Ardizzone V, Schillaci M, Dello Russo A, Casella M, Mushtaq S, Melotti E, Marchetti D, Volpato V, Drago G, Gigante C, Sforza C, Bartorelli AL, Pepi M, Pontone G, Tondo C, Andreini D. Prevalence and prognosis of structural heart disease among athletes with negative T waves and normal transthoracic echocardiography. Clin Res Cardiol. 2024 May;113(5):706-715.

98. D'Andrea A, Bossone E, Radmilovic J, Caso P, Calabrò R, Russo MG, Galderisi M. The role of new echocardiographic techniques in athlete's heart. F1000Res. 2015 Jul 20;4:289.

99. Абрамова, В.В. Исследование физической работоспособности как одного из условий достижения высоких результатов в спорте / В.В. Абрамова // Сучасні проблеми фізичного виховання, спорту та здоров'я людини: збірник наукових праць / Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, Государственное учебное заведение «Приднестровский государственный университет имени Т. Г. Шевченко»; [редкол.: П.С. Атаманчук (відп. ред.) та ін]. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – 2012. – Вип. 3. – С. 3–11.

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

101. Солодков, А.С. Физическая работоспособность спортсменов и общие принципы ее коррекции (часть 1) / А.С. Солодков // Ученые записки. – 2014. – № 3(109). – С. 148–157.

102. Комплексная оценка физической работоспособности юных спортсменов циклических видов спорта: практ. пособие / Е.В. Хроменкова, Е.Г. Тычина, А.Л. Захаревич, А.С. Кузикович, Д.С. Марченко. – Минск: РНПЦ спорта, 2020. – 36 с.

103. Груздев, Г.И. Теоретический аспект физической работоспособности в спорте / Г.И. Груздев // Медико-биологические и педагогические основы адаптации, спортивной деятельности и здорового образа жизни: сб. науч. ст. III Всерос. заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Воронеж, 29 апр. 2014 г. / Воронежский государственный институт физической культуры; редкол.: О.Н. Савинкова [и др.]. – Воронеж, 2014. – Т. 2. – С. 778–781.

104. Корольков, А.Н. Физическая работоспособность в спорте: учеб. пособие для вузов / А.Н. Корольков. — М.: Издательство Юрайт, 2022. – 113 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 КЛИНИЧЕСКАЯ И ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ НАГРУЗОК.....	6
1.1 Адаптация сердца и вид тренировочных нагрузок	8
1.2 Профилактика внезапной смерти в спорте	11
1.3 Клинико-диагностические особенности кардиологического обследования спортсменов	15
1.3.1 Особенности ЭКГ	16
1.3.2 ЭКГ стресс-тест в спорте: специфика	21
1.3.3 Кардиореспираторное нагрузочное тестирование в оценке функциональной подготовленности	23
1.3.4 Оценка вариабельности сердечного ритма	26
1.3.5 Эхокардиографическая диагностика	27
2. АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В СПОРТЕ	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	32

Производственно-практическое издание

Захаревич Анна Леонидовна
Малёваная Ирина Анатольевна
Мороз-Водолажская Наталья Николаевна,
и др.

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В АСПЕКТЕ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

Корректор А. Н. Чернявская
Компьютерная верстка В. А. Роговская
Оформление обложки В. А. Роговская

Подписано в печать 20.12.2023
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,28. Тираж 50 экз. Заказ 505.

Издатель: РНПЦ спорта
Свидетельство № 1/447 от 14 ноября 2014 г.
Ул. Нарочанская, 8, 220062, Минск

Оформление и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение «Республиканский учебно-методический центр
физического воспитания населения»
Свидетельство №1/42 от 1 октября 2013 г.
Ул. Гусовского, 4-1, 220073, Минск.