

**Федеральное медико-биологическое агентство
(ФМБА России)**

**ГРУППА 12. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФИЛАКТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ЗАЩИТЕ ЗДОРОВЬЯ
НАСЕЛЕНИЯ ОТ ПОВРЕЖДАЮЩИХ ФАКТОРОВ, ОХРАНЕ РЕПРОДУКТИВНОГО
ЗДОРОВЬЯ И ОКАЗАНИЮ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ ПОМОЩИ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ
КАРДИОЭРГОСПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
СПОРТСМЕНОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ И
ГАЗООБМЕНА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

МР ФМБА России _____ – 2020

Издание официальное

Москва,
2020

Предисловие

1. Разработано:

1.1. В Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России):

Генеральный директор – д-р. мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН А.С. Самойлов.

первый заместитель генерального директора – д-р мед. наук, профессор А.Ю. Бушманов.

2. Исполнители:

Заведующий лабораторией №49 отдела №2 – д-р мед. наук, профессор С.М. Разинкин, научный сотрудник – А.А. Киш, младший научный сотрудник – М.А. Брагин, врач кардиолог – к.м.н. Д.А. Андреев, ведущий научный сотрудник – к.м.н., доцент В.В. Петрова, научный сотрудник – П.А. Шулепов, младший научный сотрудник – И.А. Прудников, техник – Д.А. Сапов.

3. В настоящих рекомендациях реализованы требования Федеральных законов Российской Федерации:

- от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»;

- от 04 декабря 2007 г. № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

4. Утверждены и введены в действие Федеральным медико-биологическим агентством « » _____ 2020 г.

5. Введены впервые.

Содержание

Предисловие.....	2
Содержание	3
Введение	4
1. Область применения	6
2. Нормативные ссылки	7
3. Сокращения.....	8
4. Автоматизированная обработка электрокардиограммы спортсменов в покое и во время нагрузки.....	9
4.1. Регистрация и автоматическая интерпретация электрокардиограммы спортсмена на персональном компьютере или ноутбуке	12
4.2. Регистрация и автоматическая интерпретация электрокардиограммы спортсмена на смартфоне или планшете с операционной системой Android	18
5. Автоматизированная обработка параметров газообмена по итогам кардиоэргоспирометрического тестирования спортсменов	20
6. Оценка эффективности автоматизированной расшифровки и интерпретации электрокардиограммы спортсмена	24
Библиография.....	25

Введение

Состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) и её структурно-функциональных особенностей являются одним из наиболее важных критериев оценки влияния систематической спортивной тренировки на организм спортсмена.

На сегодняшний день в системе медико-биологического сопровождения спорта высших достижений сохраняется проблема динамического контроля функционального состояния по показателям электрокардиографического обследования спортсмена в покое и при выполнении физической нагрузки (кардиоэргоспирометрии); отсутствуют единые, учитывающие вид спорта, критерии оценки ЭКГ-покоя и стандарты проведения функциональных нагрузочных проб у высококвалифицированных спортсменов [1, 5].

Электрокардиограмма спортсмена, снятая в покое при проведении углубленного медицинского обследования, по сути является допуском спортсмена к выполнению нагрузочной пробы. При этом ЭКГ-критериям состояний утомления, перенапряжения и преморбидных состояний не всегда уделяется должное внимание ввиду большого потока спортсменов, ручной обработки и интерпретации электрокардиограмм. По мнению ведущих специалистов по спортивной кардиологии [4, 8], необходимость четкой и экспертной оценки ЭКГ спортсмена является основополагающей при допуске к физическим нагрузкам. Ряд отечественных и зарубежных специалистов придерживаются мнения, что более 90% случаев внезапной смерти в профессиональном спорте связано с патологией сердца [2, 9, 10, 11]. При этом сегодня очевидно, что первопричиной развития кардиопатологии у спортсменов, являются высокие физические нагрузки в сочетании с неконтролируемым приемом фармакологических препаратов, снижающих признаки утомления, перенапряжения и искусственно ускоряющие восстановление.

Таким образом, при проведении разработки автоматизированной системы с формированием протокола оценки параметров газообмена во время выполнения кардиоэргоспирометрического тестирования, основной акцент нами сделан на

возможность своевременной диагностики пограничных и патологических ЭКГ-критериев при обследовании спортсменов в состоянии покоя, при выполнении максимальной физической нагрузки и в период восстановления.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя
Федерального медико-биологического
агентства

_____ Ю.В. Мирошникова

«___» _____ 2020 г.

Система стандартизации в здравоохранении Российской Федерации
Группа 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья
населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико-
социальной помощи

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ
КАРДИОЭРГОСПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
СПОРТСМЕНОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ И
ГАЗООБМЕНА**

Методические рекомендации
МР ФМБА России _____ 2020

1. Область применения

1. Методические рекомендации распространяются на аспекты автоматизированной обработки результатов кардиоэргоспирометрического тестирования спортсменов по параметрам электрокардиограммы и газообмена.

2. Документ устанавливает основные требования к проведению автоматизированной обработки результатов кардиоэргоспирометрического тестирования спортсменов по параметрам электрокардиограммы и газообмена.

3. Методические рекомендации предназначены для врачей и сотрудников учреждений здравоохранения, подведомственных ФМБА России и могут применяться в организациях Минспорта России, Москомспорта или Олимпийского комитета России, которые имеют соответствующие лицензии, оборудование и сертифицированный персонал.

2. Нормативные ссылки

Федеральный закон № 323-ФЗ от 21.11.2011 г. «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

Федеральный закон № 329-ФЗ от 04.12.2007 г. «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.03.2016 г. № 134н «О Порядке организации оказания медицинской помощи лицам, занимающимся физической культурой и спортом (в том числе при подготовке и проведении физкультурных мероприятий и спортивных мероприятий), включая порядок медицинского осмотра лиц, желающих пройти спортивную подготовку, заниматься физической культурой и спортом в организациях и (или) выполнить нормативы испытаний (тестов) Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса "Готов к труду и обороне"».

Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15.11.2012 г. № 926н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях нервной системы» (Зарегистрировано в Минюсте России 23.01.2013 N 26692).

ГОСТ 1.5-2001 (ред. 2005г.) Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

«Р» ФМБА России 15.68 – 2017 Рекомендации «Разработка, изложение, представление на согласование и утверждение нормативных и методических документов ФМБА России».

3. Обозначения и сокращения

АП – аэробный порог

АПК – аппаратно-программный комплекс

МПК – максимальное потребление кислорода

ОС – операционная система

ПАНО – порог анаэробного обмена

ПК – персональный компьютер

ПО – программное обеспечение

ССС – сердечно-сосудистая система

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЧСС АП – частота сердечных сокращений на аэробном пороге

ЧСС ВОССТ – частота сердечных сокращений на восстановлении

ЧСС МАКС – максимальная частота сердечных сокращений

ЧСС ПАНО – частота сердечных сокращений на пороге анаэробного обмена

ЭКГ – электрокардиограмма

ЭКС – электрокардиосигнал

CO₂ – углекислый газ

O₂ – кислород

VCO₂ – потребление углекислого газа

VO₂ – потребление кислорода

4. Автоматизированная обработка электрокардиограммы спортсменов в покое и во время нагрузки

Для автоматизированной обработки и интерпретации электрокардиограмм спортсменов был выбран аппаратно-программный комплекс автоматизированной интегральной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, который должен был включать:

- 1) беспроводную электрокардиографию в 12 отведениях;
- 2) автоматическую интерпретацию ЭКГ покоя менее чем через минуту, с формированием ЭКГ-заключения по ритму и форме предсердно-желудочковых комплексов в терминах «норма-отклонение от нормы-патология»;
- 3) автоматическое формирование синдромального электрокардиографического заключения;
- 4) поддержку интернет-телеметрии ЭКГ. Моментальный доступ к кардиограмме со всех авторизованных рабочих мест;
- 5) облачные технологии для хранения и обработки данных, с возможностью закрытия личных данных пациента;
- 6) коммуникационное устройство хранения БД ЭКГ с функцией искусственного интеллекта и с возможностью автоматизированного синдромального анализа по выборке;
- 7) возможность улучшения читаемости сигнала за счет использования встроенных фильтров.

Прибор должен иметь разрешение на практическое применение, быть метрологически аттестованным.

В качестве одного из вариантов нами был выбран электрокардиограф «Кардиометр-МТ». Ежегодно реализуется 2 тысячи таких приборов, большинство работает на станциях скорой медицинской помощи. Данный аппарат зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и разрешен к применению в Российской Федерации.

Подробное руководство по эксплуатации данного АПК можно скачать на официальном сайте производителя <http://www.micard.ru/produktsiya/programmnoe-obespechenie> [3]. В руководстве описаны правила эксплуатации для безопасного использования прибора. Имеются противопоказания при регистрации ЭКГ во время нагрузочных проб, к ним относятся ряд патологических состояний сердечно-сосудистой системы (ССС) и острых процессов, диагностируемых в покое у кардиолога или непосредственно перед нагрузкой:

- нестабильная стенокардия или острый инфаркт миокарда;
- различного вида аритмии;
- высокая степень синоаурикулярной и предсердно-желудочковой блокад;
- декомпенсированная сердечная недостаточность, острый миокардит и перикардит, неконтролируемая артериальная гипертензия;
- аневризма аорты либо аортальный стеноз.

Перед съёмом ЭКГ необходимо установить программу автоматической обработки данных.

Общий вид и стандартная комплектация 12-ти канального электрокардиографа представлены на Рисунке 1.

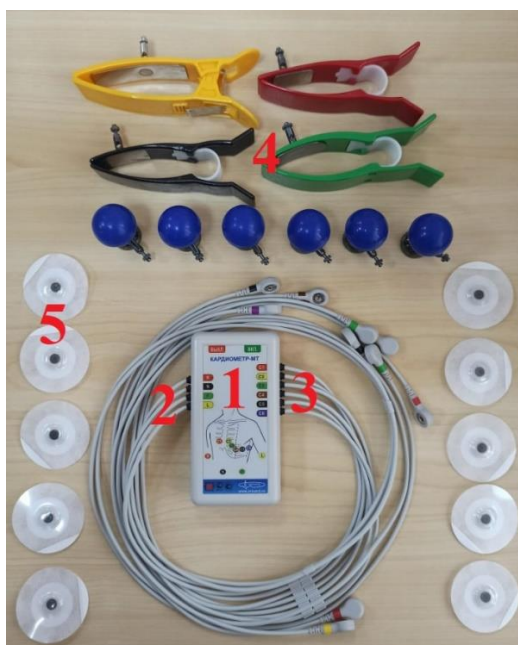


Рисунок 1 – Стандартная комплектация электрокардиографа «Кардиометр-МТ»
Примечание– 1) корпус аппарата; 2) кабели отведений на конечности; 3) кабели отведений на грудь; 4) многозарядные электроды на конечности «Клипсы» и многозарядные электроды на грудь «Груши»; 5) одноразовые электроды для ЭКГ

При съеме ЭКГ у спортсменов целесообразно использовать одноразовые электроды. Съём в покое осуществляется сидя на стуле либо сидя на велоэргометре в расслабленной позе. Во время съёма ЭКГ при нагрузке прибор фиксируется эластичной лентой за спиной либо на левой стороне туловища спортсмена для избегания перекрутки кабелей. Ниже представлены точки наложения электродов с альтернативным расположением отведений, где вместо конечностей используются точки на туловище для удобства выполнения нагрузочного тестирования (Рисунок 2):

- L (жёлтый) – снизу от центра левой ключицы;
- R (красный) – снизу от центра правой ключицы;
- F (зелёный) – над верхней передней подвздошной остью левой подвздошной кости;
- N (чёрный) – над верхней передней подвздошной остью правой подвздошной кости;
- C1 (красный) – 4 межреберье справа (ниже места соединения правого 4 ребра с грудиной);
- C2 (жёлтый) – 4 межреберье слева (ниже места соединения правого 4 ребра с грудиной);
- C3 (зелёный) – посередине между C2 и C4;
- C4 (коричневый) – 5 межреберье по левой срединно-ключичной линии (у женщин электрод должен крепиться в указанной позиции под молочной железой);
- C5 (чёрный) – по левой передней подмышечной линии на уровне C4;
- C6 (фиолетовый) – по левой средней подмышечной линии на том же уровне, что и C4, C5.



Рисунок 2 – Пример наложения электродов ЭКГ на спортсмена

Далее рассмотрим регистрацию и автоматическую интерпретацию ЭКГ в зависимости от используемого устройства записи данных: в разделе 4.1 описан съем и автоматическая интерпретация ЭКГ на персональном компьютере или ноутбуке, в разделе 4.2 – на смартфоне или планшете с операционной системой Android.

4.1. Регистрация и автоматическая интерпретация электрокардиограммы спортсмена на персональном компьютере или ноутбуке

Перед началом работы необходимо подключить USB Bluetooth адаптер (CSR 4.0 или аналоги) к компьютеру/ноутбуку для передачи данных к ним от прибора.

Загрузить и установить с сайта <https://www.micard.ru/produktsiya/programmnoe-obespechenie> программу "Рабочее место врача 3.0" для ПК. Для запуска программы используйте ярлык «pharmasy_3_0» от имени администратора. В появившемся окне программы введите логин и пароль (Рисунок 3).

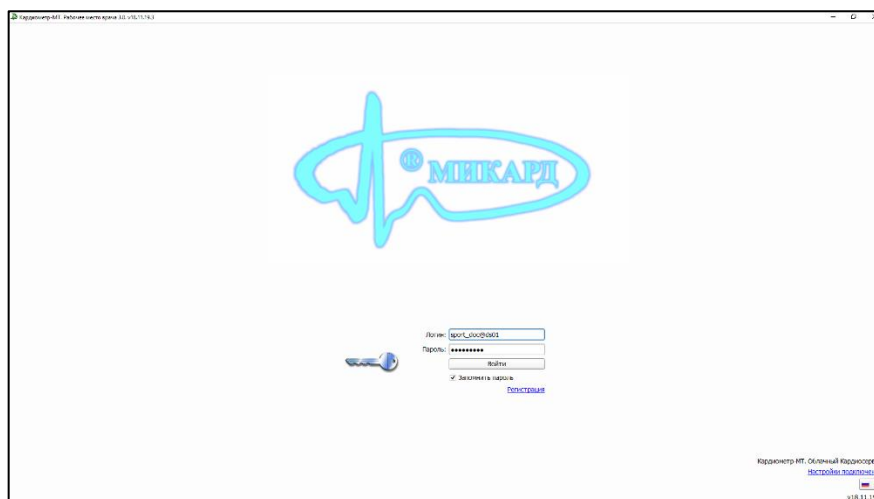


Рисунок 3 – Окно программы с логином и паролем

В настройках откройте вкладку «устройства съёма», включите прибор. Кнопка включения питания находится на верхней поверхности прибора. Нажмите на кнопку «обновить» в строке – устройство съёма (Рисунок 4). Когда в строке появится галочка и название Кардиометра — это значит соединение прошло успешно. Нажмите снизу кнопку «применить» и перейдите в раздел «пациенты и обследования», находящийся слева сверху.

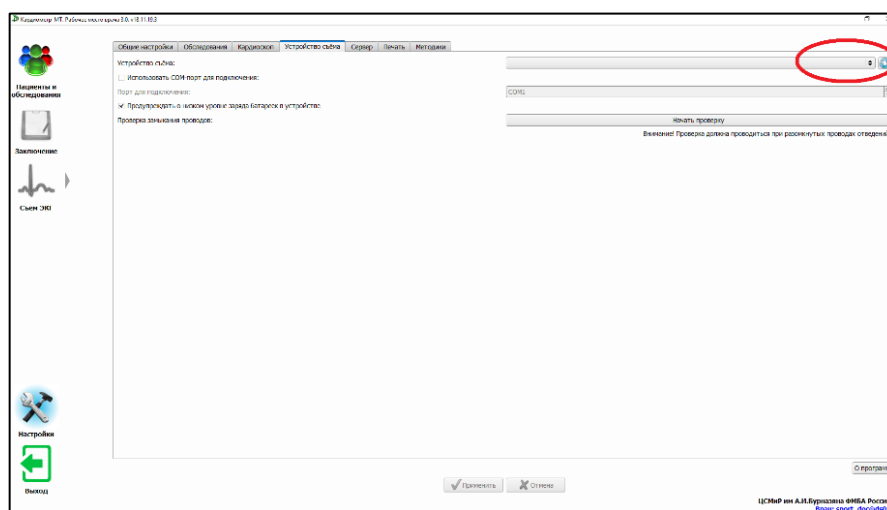


Рисунок 4 – Подключение аппарата «Кардиометр-МТ» в программе через BLUETOOTH

Выберите папку, в которую будет сохранён спортсмен в зависимости от его вида спорта и нажмите «зарегистрировать нового пациента» (Рисунок 5).

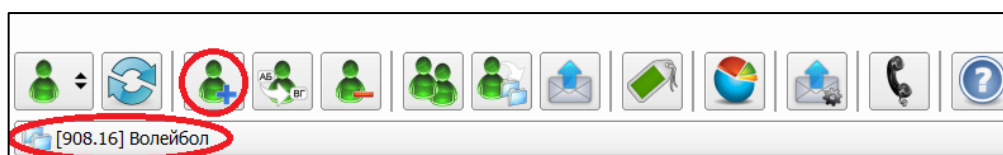


Рисунок 5 – Выбор вида спорта и регистрация нового спортсмена

В регистрационной карте укажите номер пациента без русских букв и пробелов, ФИО, дату рождения и пол (рисунок 6).

Рисунок 6 – Форма регистрации нового пациента

После принятия регистрационной карты появляется окно съёма ЭКГ. Обратите внимание на длительность записи, по умолчанию стоит 24 секунды, если снимаете ЭКГ при нагрузке выберите – произвольная (до 20 минут). Также, для улучшения качества, отображаемого на экране ЭКГ-сигнала, поставьте галочки напротив фильтров дрейфа, тремора и сетевой наводки (рисунок 7). Нажмите на «запись ЭКГ с проверкой наложения электродов», если электроды наложены не качественно, выведется сообщение со списком электродов, которые необходимо поправить.

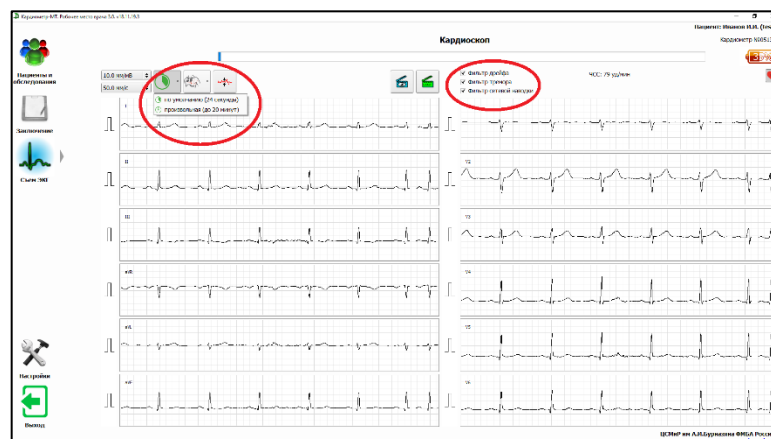


Рисунок 7 – Окно съёма ЭКГ

Далее, окончится съем ЭКГ и появится окно, где можно оставить комментарий к обследованию (рисунок 8).

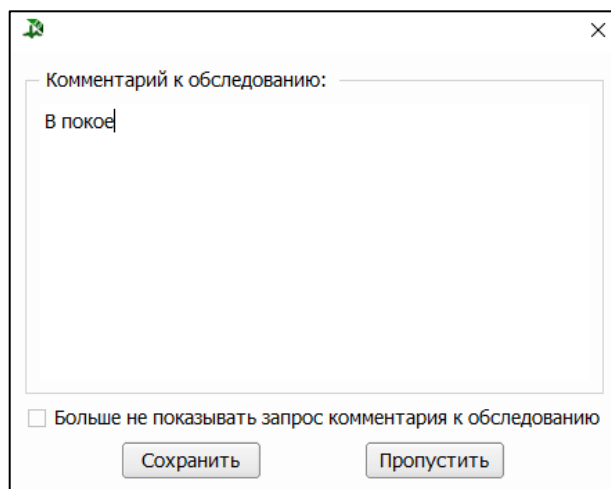
The image shows a small, rectangular software window with a standard Windows-style title bar. Inside the window, there is a text input area. Above the input area, the text "Комментарий к обследованию:" is displayed. The input area contains the text "В покое". Below the input area, there is a checkbox with the label "Больше не показывать запрос комментария к обследованию". At the bottom of the window, there are two buttons: "Сохранить" (Save) and "Пропустить" (Skip).

Рисунок 8 – Окно с комментарием к обследованию

После нажатия «сохранить», запись ЭКГ сразу перемещается и расшифровывается в «облаке», при наличии интернета, и Вас переводят к результатам обследования. Здесь можно посмотреть ЭКГ по всем отведениям, числовые параметры, сделать сравнительный анализ, проанализировать кардиоциклы и т. д. В основном окне выдается автоматическое заключение, где зеленым цветом обозначаются нормальные изменения ЭКГ, желтым – пограничные, красным – патологические. Для включения алгоритма интерпретации у спортсменов нажмите на кнопку снизу (рисунок 9).

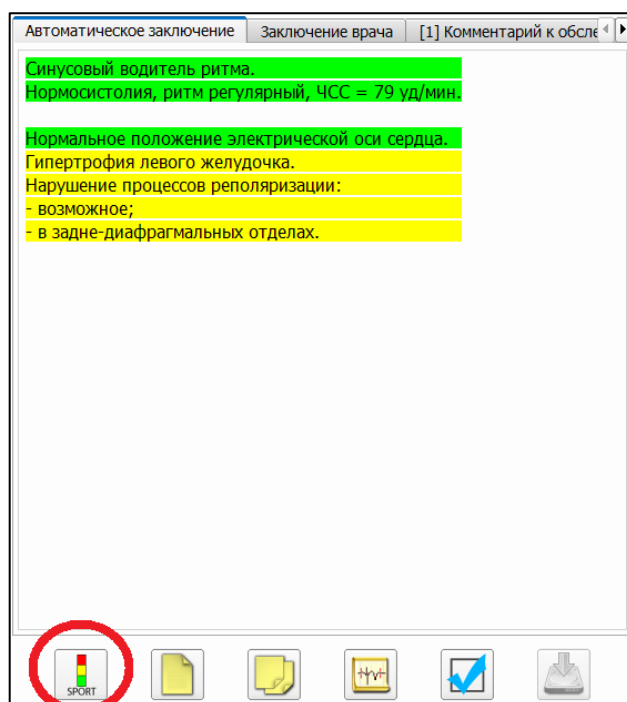


Рисунок 9 – Окно с результатами обследования

Для интерпретации ЭКГ при нагрузке необходимо произвести съем произвольной записи до 20 минут, далее вы увидите автоматическое заключение - длительность записи ЭКГ более 24 секунд, автоматическая интерпретация не выполнена. В этом окне Вам необходимо вручную выбирать участки ЭКГ для интерпретации. Сначала нажимаем кнопку «выделить участок ЭКГ» (рисунок 10).



Рисунок 10 – Кнопка для выделения участка ЭКГ

Затем двумя кликами выделите необходимый участок ЭКГ от 10 до 24 секунд (рисунок 11).

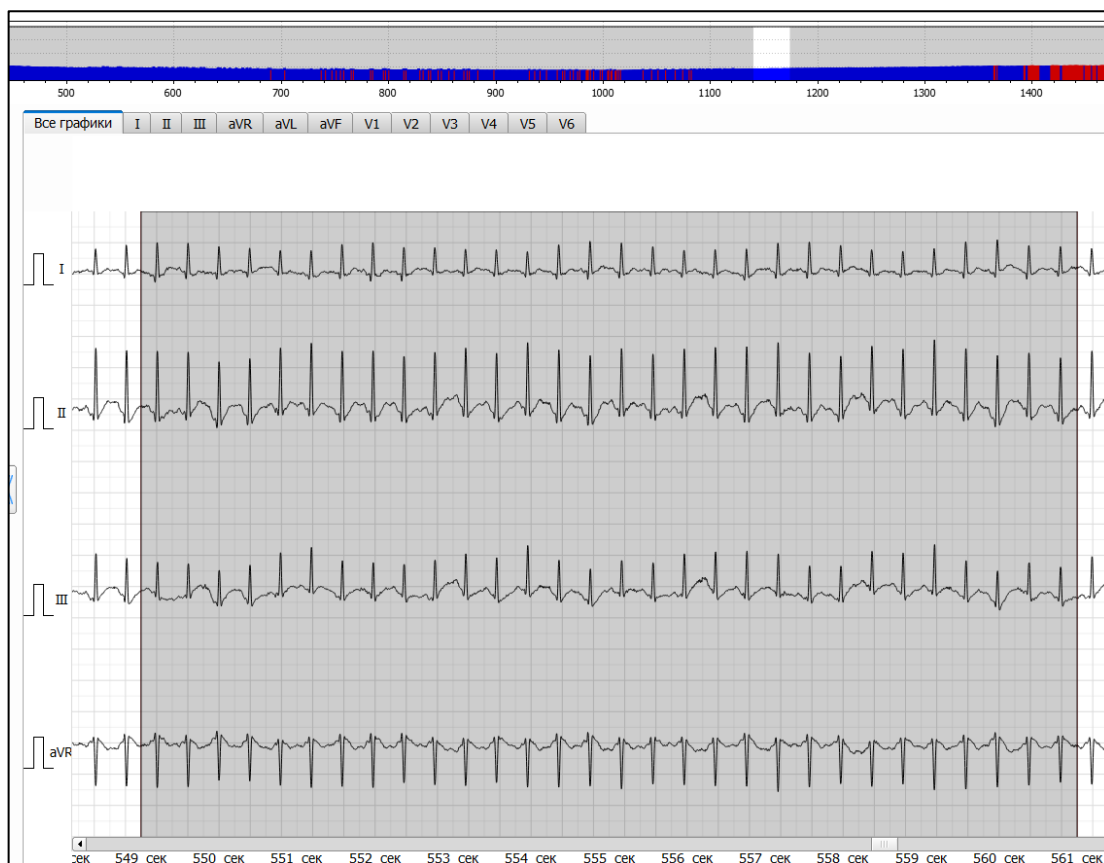


Рисунок 11 – Выделение участка ЭКГ

Нажмите кнопку «отправить участок ЭКГ на интерпретацию» (рисунок 12).



Рисунок 12 – Отправление участка ЭКГ на интерпретацию

Далее появится окно с интерпретацией данного участка (рисунок 13).

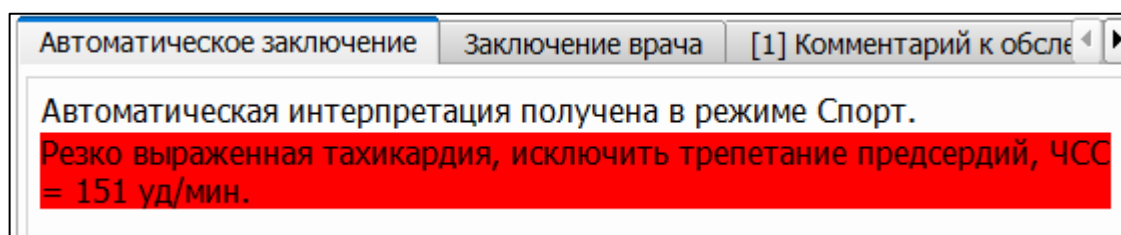


Рисунок 13 – Интерпретация выделенного участка ЭКГ

Более подробно ознакомиться с работой на электрокардиографе «Кардиометр-МТ» с компьютером или ноутбуком можно, прочитав руководство пользователя на официальном сайте [7].

4.2. Регистрация и автоматическая интерпретация электрокардиограммы спортсмена на смартфоне или планшете с операционной системой Android

При использовании смартфона или планшета перед началом съема необходимо включить Bluetooth. Интерфейс работы схож с версией для компьютера, но обладает меньшим функционалом и не позволяет проводить автоматическую интерпретацию частей записи ЭКГ при физической нагрузке.

После заполнения карты спортсмена для перехода к окну съема ЭКГ нажмите «ЭКГ спортсменов» (рисунок 14).



Рисунок 14 – Окно выбора в карте спортсмена

В окне съема ЭКГ выбираем продолжительность съема и запускаем обследование через значок «play» (рисунок 15).

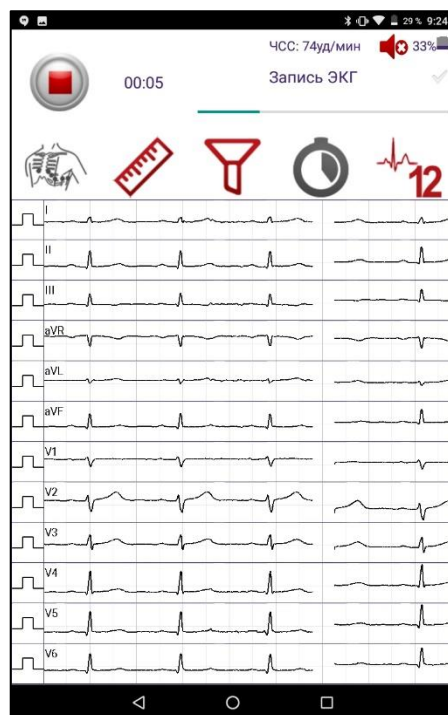


Рисунок 15 – Окно съёма ЭКГ

Далее Вас переводят к результатам обследования. Здесь, в отличие от версии для компьютера, доступен только просмотр автоматического заключения с такими же цветовыми изменениями ЭКГ. Изменения поделены на две категории: ритма сердца и формы ЭКГ. Например, на рисунке 16 у спортсмена выявлены три нормальных изменения ритма сердца и одно пограничное изменение по форме ЭКГ.

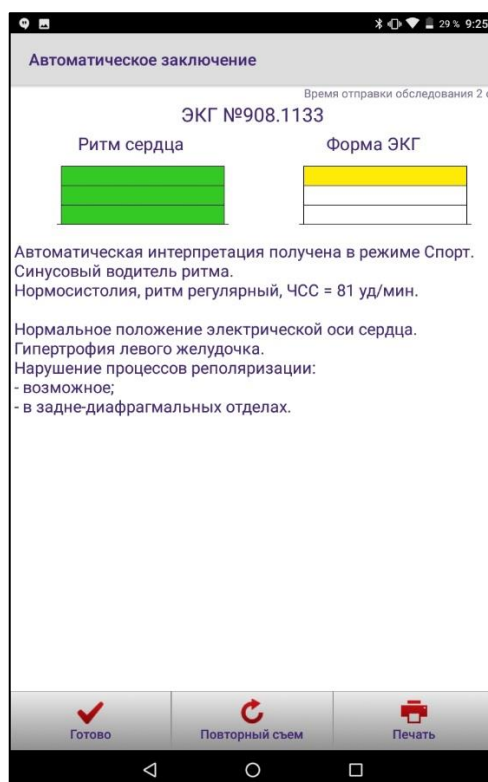


Рисунок 16 – Окно с результатами обследования

Если устройство не подключено к интернету, то для отправки обследований в облачный сервер нажмите в главном меню на папку «обследования», внизу выделите неотправленные и отправьте, когда будет доступ к интернету.

Более подробно ознакомится с работой на электрокардиографе «Кардиометр-МТ» со смартфоном или планшетом с ОС Android можно прочитав руководство пользователя на официальном сайте [6].

5. Автоматизированная обработка параметров газообмена по итогам кардиоэргоспирометрического тестирования спортсменов

В ходе кардиоэргоспирометрии с использованием различных видов эргометров (велоэргометр, беговая дорожка, гребной эргометр, ручной эргометр, лыжероллерный тредбан и др.) регистрируются стандартные параметры газообмена в режиме «breath-to-breath» по дыхательным циклам (VO_2 , VCO_2). При выполнении физической нагрузки по заданному протоколу графики измерения O_2 и CO_2 отображаются в реальном времени. По окончании тестирования проводится автоматическое и ручное определение (корректировка) анаэробного порога, в

соответствии с доработанной методикой V-образного наклона (Вассермана); аппроксимация кривой на любом графике VO_2/VCO_2 (как на линейном, так и на экспоненциальном); экспорт данных теста в различные форматы (форматы ASCII, Excel).

Онлайн регистрация электрокардиограммы спортсмена до, в процессе и после выполнения нагрузки позволяет сопоставить данные газообмена и параметров ЭКГ.

Автоматизированная обработка проводится по следующему алгоритму:

1. Данные газоанализа, экспортированные в Excel (Рисунок 17), с помощью флэш-накопителя заносятся с программное обеспечение АПК «Диамед-МБС» (версия ПО «Диамед-Спорт». Свидетельство о регистрации RUS 2019612338).

t	RF	VT	VE	IV	VO2	VCO2	RQ	O2exp	CO2exp	VE/VO2	VE/VCO2	VO2/kg	METS	HR	VO2/HR	FeO2	FeCO2	FetO2	FetCO2	FIO2	FICO2	PeO2	PeCO2	PetO2	PetCO2	SpO2	Power	P Sy
s	l/min	L(tpst)	L/min	ml	ml/min	ml/min	---	ml/min	ml	---	---	ml/min/kg	---	bpm	ml/beat	%	%	%	%	%	%	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	%	Watt	mm
00:00	20,27	1,364	27,644	1159	1132,87367	863,7995605	0,76	220,3282719	53,6540144	24,4	32	11,11	3,2	0	0	16,16	3,93	14,47	5,26	20,97	0,07	113	27	101	37	0	0	
00:00	19,08	1,392	26,563	1314	1076,03908	832,1721272	0,77	225,8364787	54,7760565	24,7	31,9	10,55	3	0	0	16,22	3,93	14,54	5,27	20,99	0,06	113	27	101	37	0	0	
00:00	18,6	1,358	25,251	1278	1043,747363	809,0549037	0,78	219,0022221	54,470045	24,2	31,2	10,23	2,9	0	0	16,13	4,01	14,41	5,39	21	0,05	113	28	101	38	0	0	
00:00	18,8	1,294	24,331	1271	1009,029994	780,939458	0,77	208,6998353	52,0219531	24,1	31,2	9,9	2,8	17	59,4	16,12	4,02	14,36	5,42	21,01	0,05	113	28	100	38	0	0	
00:00	18,9	1,278	24,161	1251	1020,013639	780,8093641	0,77	205,2317051	51,7159416	23,7	30,9	10	2,9	28	36,4	16,06	4,05	14,24	5,48	21,02	0,05	112	28	99	38	0	0	
00:04	18,65	1,251	23,317	1261	999,2875171	762,6494009	0,76	200,0295098	51,2059224	23,3	30,6	9,8	2,8	42	23,8	16	4,09	14,13	5,55	21,03	0,05	112	29	99	39	0	10	
00:07	18,75	1,223	22,932	1253	1000,743147	754,7689806	0,75	194,6233068	50,3889818	22,9	30,4	9,81	2,8	55	18,2	15,91	4,12	14,02	5,6	21,03	0,05	111	29	98	39	0	10	
00:10	17,75	1,273	22,598	1336	1004,304095	751,8945236	0,75	201,4575634	53,1439552	22,5	30,1	9,85	2,8	69	14,6	15,83	4,17	13,96	5,62	21,03	0,06	110	29	97	39	0	10	
00:13	16,41	1,614	26,483	1700	1133,185264	869,229175	0,77	258,1716927	66,3024892	23,4	30,5	11,11	3,2	69	16,4	16	4,11	14,11	5,55	21,03	0,05	112	29	98	39	0	10	
00:16	16,25	1,589	25,827	1661	1086,260246	842,1524681	0,78	253,3155854	64,8744356	23,8	30,7	10,65	3	69	15,7	16,07	4,08	14,29	5,48	21,02	0,05	112	28	100	38	0	10	
00:20	16,19	1,595	25,828	1670	1062,279069	837,604601	0,79	257,6616735	64,7724318	24,3	30,8	10,41	3	69	15,4	16,15	4,06	14,42	5,45	21,01	0,05	113	28	101	38	0	10	
00:24	16,48	1,527	25,17	1621	1015,283049	805,9603326	0,79	247,9713097	61,2022977	24,8	31,2	9,95	2,8	70	14,5	16,24	4,01	14,6	5,37	21,01	0,05	113	28	102	37	0	15	
00:28	17,78	1,467	26,094	1507	1018,950132	818,2734829	0,8	240,1170148	57,6321637	25,6	31,9	9,99	2,9	71	14,4	16,37	3,93	14,72	5,32	21	0,05	114	27	103	37	0	20	
00:32	19,47	1,126	21,923	1146	855,8580977	683,1010682	0,8	184,3209201	44,0656544	25,6	32,1	8,39	2,4	70	12,2	16,37	3,91	14,64	5,35	20,99	0,06	114	27	102	37	0	20	
00:35	19,71	1,142	22,519	1172	890,1646004	701,2210989	0,79	186,5650043	44,6776774	25,3	32,1	8,73	2,5	69	12,9	16,33	3,91	14,56	5,38	21	0,06	114	27	102	38	0	25	
00:38	20,15	1,106	22,278	1160	884,4206156	695,5147754	0,79	180,138763	43,3516276	25,2	32	8,67	2,5	68	13	16,29	3,92	14,51	5,38	20,98	0,06	114	27	101	38	0	25	
00:41	20,16	1,143	23,054	1142	934,8764491	727,2049586	0,78	185,2389545	45,2897003	24,7	31,7	9,17	2,6	67	14	16,2	3,96	14,38	5,44	20,98	0,06	113	28	100	38	0	25	
00:44	20,04	1,14	22,854	1184	929,7849411	719,5538062	0,77	184,7289354	45,0856927	24,6	31,8	9,12	2,6	67	13,9	16,2	3,95	14,34	5,44	20,99	0,06	113	28	100	38	0	30	
00:47	20,15	1,152	23,203	1169	965,1275979	736,5974472	0,76	185,4429622	45,9017233	24	31,5	9,46	2,7	67	14,4	16,1	3,99	14,28	5,46	20,99	0,06	112	28	100	38	0	30	
00:50	19,79	1,127	22,305	1175	927,2625691	704,1232462	0,76	181,4648128	44,6776774	24,1	31,7	9,09	2,6	67	13,8	16,1	3,96	14,26	5,45	20,98	0,06	112	28	100	38	0	35	
00:53	17,12	1,711	29,291	1739	1182,53604	933,1185125	0,79	277,4504165	68,240562	24,8	31,4	11,59	3,3	68	17,4	16,22	3,99	14,37	5,41	20,99	0,05	113	28	100	38	0	35	
00:56	17,27	1,728	29,844	1760	1182,954127	943,9114554	0,8	281,4205858	68,4445696	25,2	31,6	11,6	3,3	69	17,1	16,29	3,96	14,54	5,34	20,98	0,05	114	28	101	37	0	35	
00:59	17,48	1,701	29,745	1749	1160,52488	932,5801128	0,8	278,2664471	66,8125084	25,6	31,9	11,38	3,3	71	16,3	16,35	3,93	14,67	5,29	20,98	0,05	114	27	102	37	0	40	
01:02	17,69	1,684	29,789	1748	1141,888661	926,1970424	0,81	276,8383935	65,5884624	26,1	32,2	11,19	3,2	72	15,9	16,44	3,89	14,8	5,24	20,99	0,05	115	27	103	37	0	40	
01:07	18,42	1,679	30,92	1717	1174,833059	962,8159902	0,82	276,532382	65,4884586	26,3	32,1	11,52	3,3	73	16,1	16,47	3,9	14,92	5,2	20,99	0,05	115	27	104	36	0	45	
01:10	21,61	1,093	23,634	1138	899,8734217	717,7350879	0,8	180,3427707	41,7195663	26,3	32,9	8,82	2,5	73	12,3	16,49	3,82	14,82	5,24	21	0,06	115	27	103	37	0	45	
01:13	21,34	1,122	23,941	1141	949,7954221	750,4870354	0,79	182,7908626	44,1676582	25,2	31,9	9,31	2,7	73	13	16,29	3,94	14,6	5,35	20,98	0,06	114	27	102	37	0	50	
01:16	21,07	1,143	24,09	1161	991,7216644	770,3141844	0,78	184,4229239	45,9017233	24,3	31,3	9,72	2,8	73	13,6	16,13	4,01	14,4	5,44	20,98	0,06	113	28	101	38	0	50	
01:18	20,66	1,181	24,405	1179	1032,752625	792,5678577	0,77	188,9110924	48,1458076	23,6	30,8	10,13	2,9	74	14	15,99	4,08	14,2	5,53	20,97	0,06	112	28	99	39	0	55	
01:21	20,55	1,232	25,319	1213	1103,163575	831,7728206	0,75	195,4393375	50,7979071	23	30,4	10,82	3,1	74	14,9	15,86	4,12	14,01	5,61	20,97	0,06	111	29	98	39	0	55	
01:24	20,51	1,245	25,539	1267	1109,836627	835,0081001	0,75	197,4794141	51,1039186	23	30,6	10,88	3,1	74	15	15,86	4,1	13,92	5,63	20,95	0,06	111	29	97	39	0	55	
01:27	20,16	1,236	24,925	1291	1097,18703	811,0793867	0,74	195,6434541	50,4918956	22,7	30,7	10,76	3,1	74	14,8	15,83	4,08	13,87	5,63	20,97	0,06	110	29	97	39	0	60	
01:30	19,76	1,308	25,844	1331	1156,464682	853,0478421	0,74	205,8437281	54,1640335	22,3	30,3	11,34	3,2	75	15,4	15,74	4,14	13,81	5,64	20,97	0,06	110	29	96	39	0	60	
01:33	19,39	1,297	25,161	1347	1134,249076	832,3505693	0,73	203,8036515	53,858022	22,2	30,2	11,12	3,2	74	15,3	15,71	4,15	13,78	5,65	20,97	0,06	110	29	96	39	0	65	
01:36	18,8	1,326	24,926	1384	1136,448781	832,8919652	0,73	207,3737855	55,5920871	21,9	29,9	11,14	3,2	74	15,4	15,64	4,19	13,71	5,68	20,96	0,06	109	29	96	40	0	65	

Рисунок 17 - Фрагмент экспортируемых данных газоанализа нагрузочного тестирования

2. В программном обеспечении «Диамед-СПОРТ» открывается вкладка, соответствующая виду эргометра, использованного при нагрузочном тестировании (Рисунок 18). Производится импорт данных из Excel.


 ФИО: Брагин Михаил Александрович
 Дата рождения: 24 марта 1990 г.
 Семейное положение: холост
 Режим сравнения обследований

Дата проведенного обследования: 13 марта 2019, 14:28

Мед. карта | Осмотр врача | Вариабельность СР | Биоэлектrogramма | БЭГ по 2 пальца
 Тредмил (беговая дорожка) | Лыжероллерный тредбан | Велозергометр | Гребной эргометр

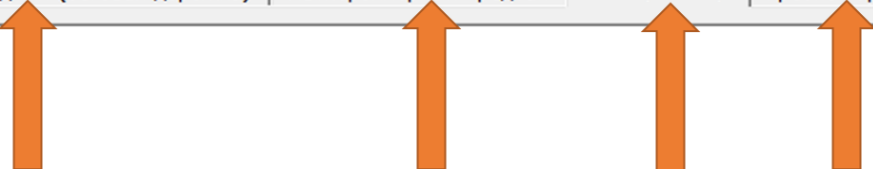


Рисунок 18 - Выбор вкладки нагрузочного тестирования в ПО «Диамед-СПОРТ»

3. Протокол показателей физической работоспособности формируется автоматически: для однократного обследования (Рисунок 19) и динамического обследования (Рисунок 20).

Протокол показателей физической работоспособности спортсмена.
Гребной эргометр.

ФИО Иванов Петр Евгеньевич Время тестирования 16 ноября 2017. 12:53

Параметры физической работоспособности (значение, балл)

Вид нагрузки	Гребной эргометр
Протокол тестирования	Concept-const
ИМТ, кг/м ²	25.5 (4.5)
Время нагрузки, мин	10:01 (1.8)
Время АП, мин	03:36 (2.5)
Время ПАНО, мин	07:27 (2.2)
МПК, мл/мин/кг	46.12 (2.0)
V'O ₂ (АП), мл/мин/кг	35.44 (2.6)
V'O ₂ (ПАНО), мл/мин/кг	41.28 (2.1)
ЧСС покоя, уд/мин	92
ЧСС АП, уд/мин	127
ЧСС ПАНО, уд/мин	158
ЧСС МАКС, уд/мин	168
Дыхательный коэф., отн. ед.	1.13 (4.4)
ЧСС ВОССТ. (к 3-й мин), уд/мин	114
Дистанция, м	2705 (1.4)
Средняя мощность, Вт	255
Максимальная мощность, Вт	350
Изменения на ЭКГ	
Исходная ЭКГ	Без функционально значимых изменений
При нагрузке	Без функционально значимых изменений
В восстановительном периоде	Без функционально значимых изменений

Рисунок 19 - Однократный автоматически сформированный протокол показателей физической работоспособности спортсмена (на примере тестирования на гребном эргометре)

Протокол показателей физической работоспособности спортсмена. Гребной эргометр. ФИО <u>Иванов Петр Евгеньевич</u> <i>Время тестирования 16 ноября 2017. 12:53</i>					
ФИО <u>Иванов Петр Евгеньевич</u>					
Динамический протокол показателей физической работоспособности (значение, балл)					
Показатель \ Дата обследования	16.10.2015 12:29	01.03.2016 12:33	14.10.2016 12:36	20.04.2017 12:48	16.11.2017 12:53
Вид нагрузки	Гребной эргометр	Гребной эргометр	Гребной эргометр	Гребной эргометр	Гребной эргометр
Протокол тестирования	Concept-const	Concept-const	Concept-const	Concept-const	Concept-const
ИМТ, кг/м ²	25.0 (5.4)	25.0 (5.4)	26.6 (3.6)	25.0 (5.4)	25.5 (4.5)
Время нагрузки, мин	11:59 (3.5)	14:01 (5.0)	11:55 (3.4)	14:08 (5.1)	10:01 (1.8)
Время АП, мин	05:37 (4.0)	05:27 (3.8)	04:13 (3.0)	06:15 (4.3)	03:36 (2.5)
Время ПАНО, мин	09:28 (3.5)	10:37 (4.2)	08:17 (2.7)	11:06 (4.4)	07:27 (2.2)
МПК, мл/мин/кг	54.67 (3.5)	61.81 (4.6)	52.98 (3.2)	58.71 (4.2)	46.12 (2.0)
V'O ₂ (АП), мл/мин/кг	42.07 (3.8)	44.10 (4.2)	36.76 (2.9)	43.52 (4.1)	35.44 (2.6)
V'O ₂ (ПАНО), мл/мин/кг	53.30 (4.0)	56.01 (4.4)	47.35 (3.0)	54.55 (4.2)	41.28 (2.1)
ЧСС покоя, уд/мин	102	87	85	76	92
ЧСС АП, уд/мин	139	132	134	127	127
ЧСС ПАНО, уд/мин	162	160	162	155	158
ЧСС МАКС, уд/мин	172	175	179	167	168
Дыхательный коэф., отн. ед.	1.11 (4.0)	1.15 (4.9)	1.22 (5.7)	1.14 (4.7)	1.13 (4.4)
ЧСС ВОССТ. (к 3-й мин), уд/мин	113	118	123	105	114
Дистанция, м	3330 (3.8)	3955 (5.8)	3365 (3.9)	3989 (6.0)	2705 (1.4)
Средняя мощность, Вт	279	293	274	289	255
Максимальная мощность, Вт	400	450	400	400	350

Рисунок 20 - Динамический автоматически сформированный протокол показателей физической работоспособности спортсмена (на примере тестирования на гребном эргометре)

4. На электрокардиограмме маркерами по всем каналам выделяются 5 участков ЭКГ длительностью не менее 1 минуты, соответствующие стадиям:

- 1) Стадия покоя – непосредственно перед началом нагрузки.
- 2) Стадия аэробно-анаэробного перехода – 30 секунд до и 30 секунд после наступления аэробного порога (АП). *Данные АП/ПАНО берутся из параметров газоанализа (см. выше).*
- 3) Стадия перехода ПАНО/МПК - 30 секунд до и 30 секунд после наступления анаэробного порога (ПАНО). *Данные ПАНО/МПК берутся из параметров газоанализа (см. выше).*
- 4) Стадия пика нагрузки – 30 секунд до и 30 секунд после отказа (невозможности спортсмена) продолжать нагрузочное тестирование. *Данные времени нагрузки, МПК, дыхательного коэффициента берутся из параметров газоанализа (см. выше).*
- 5) Стадия восстановления - 30 секунд до и 30 секунд после 3-х минут восстановления. В случае замедленного восстановления аналогично для 5-ой минуты.

5. Автоматическая расшифровка и интерпретация выбранных участков ЭКГ спортсмена. При наличии 2 и более пограничных признаков, либо 1 и более патологического признака, спортсмен направляется на консультацию к кардиологу и/или дополнительное обследование.

6. Оценка эффективности автоматизированной расшифровки и интерпретации электрокардиограммы спортсмена

Сравнительный анализ расшифровки и интерпретации ЭКГ покоя спортсменов показал 67% точность автоматизированной обработки в сравнении с ручным анализом. При визуальном контроле электрокардиограммы врачом-экспертом по спортивной кардиологии, в некоторых случаях определялись ЭКГ-признаки пограничного и патологического характера, пропускаемые при автоматизированной обработке.

Для повышения точности автоматизированной расшифровки и интерпретации ЭКГ спортсмена и использования ее широким кругом специалистов при проведении медицинского обследования (УМО, ЭМО, ТМО) с минимальными рисками гипо- и гипердиагностики, необходимо совершенствование критериального аппарата, «языка ЭКГ-заключений», учитывающего особенности сердечно-сосудистой системы спортсменов различных видов спорта.

Библиография

1. Бадтиева В. А. Спортивная кардиология. Руководство для кардиологов, педиатров, врачей функциональной диагностики и спортивной медицины, тренеров / В. А. Бадтиева, А. С. Шарыкин, В. И. Павлов. — Москва: ИКАР, 2017. — 328 с.
2. Гаврилова Е. А. Клинические и экспертные вопросы электрокардиографии в спортивной медицине: монография / Е.А. Гаврилова. — Москва: Издательство «Спорт», 2019. — 272 с.
3. Кардиометр-МТ. Руководство по эксплуатации. [Интернет ресурс] — https://www.micard.ru/distrib/manualdevice_191127.pdf
4. Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. — Москва: Физкультура и спорт, 1988. — 206 с.
5. Разработка и обоснование унифицированной шкалы уровня оценки функциональных резервов членов сборных команд России / Ю. В. Мирошникова, С. М. Разинкин, А. С. Самойлов и др. // Медицина экстремальных ситуаций. — 2015. — № 4. — С. 38 – 44.
6. Руководство к программе "Рабочее место врача 3.0" для Android. [Интернет ресурс] — https://www.micard.ru/distrib/manualandroidpharmacy_3_200113.pdf
7. Руководство к программе "Рабочее место врача 3.0" для ПК. [Интернет ресурс] — https://www.micard.ru/distrib/manualpharmacy_3_190912.pdf
8. Смоленский А. В. Перспективные направления развития спортивной кардиологии / А. В. Смоленский, А. В. Михайлова // Лечебная физкультура и спортивная медицина. — 2012. — № 7. — С. 13-22.
9. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография / Н. И. Шлык. — Ижевск: Издательство Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО "Удмуртский гос. ун-т", 2009. — 254 с.
10. Grimsmo J., Grundvold I., Maehlum S., Arnesen H. High prevalence of atrial fibrillation in long-term endurance cross-country skiers: echocardiographic findings and

possible predictors--a 28-30 years follow-up study. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2010 Feb;17(1):100-5.

11. Rifai N., Douglas P.S., O'Toole M., Rimm E., Ginsburg G.S. Cardiac troponin T and I, echocardiographic [correction of electrocardiographic] wall motion analyses, and ejection fractions in athletes participating in the Hawaii Ironman Triathlon. Am J Cardiol. 1999 Apr 1;83(7):1085-9.

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»
(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)

СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРУППА 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико-социальной помощи
Автоматизированная обработка результатов кардиоэргоспирометрического тестирования спортсменов по параметрам электрокардиограммы и газообмена
Методические рекомендации
МР ФМБА России - 2020

Первый заместитель генерального директора
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
д-р.мед.наук, профессор

А.Ю. Бушманов

подпись, дата

Исполнители:

Научный руководитель - зав. лабораторией №49
экспериментальной спортивной медицины ФГБУ ГНЦ
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, д.м.н., профессор

подпись, дата

С.М. Разинкин

Ответственный исполнитель - научный сотрудник
лаборатории №49 экспериментальной спортивной медицины
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

подпись, дата

А.А. Киш

Младший научный сотрудник лаборатории №49
экспериментальной спортивной медицины ФГБУ ГНЦ
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

подпись, дата

М.А. Брагин

Врач-кардиолог ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России, канд. мед. наук

подпись, дата

Д.А. Андреев

Ведущий научный сотрудник лаборатории №49
экспериментальной спортивной медицины ФГБУ ГНЦ
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, канд. мед. наук,
доцент

подпись, дата

В.В. Петрова

Научный сотрудник лаборатории №49 экспериментальной
спортивной медицины ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России

подпись, дата

П.А. Шулепов

Младший научный сотрудник лаборатории №49
экспериментальной спортивной медицины ФГБУ ГНЦ
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

подпись, дата

И.А. Прудников

Техник лаборатории №49 экспериментальной спортивной
медицины ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА
России

подпись, дата

Д.А. Сапов