

15. Caine, M.P. The respiratory muscles can be trained differentially to increase strength of endurance using a pressure threshold inspiratory muscle training device / M.P. Caine, A.K. McConnell // *Europ. Respiratory J.* – 1998. – V. 12. – P. 58–59.
16. Downey, A.E. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia / A.E. Downey et al // *Resp. Physiol. and Neurobiol.* – 2007. – V. 156. – P. 137–146.
17. Haake, S.J. *The Engineering of Sport – Design and Development* / S.J. Haake et al // Blackwell Science. – 1998. – P. 576.
18. Kilding, A.E. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance / A.E. Kilding, S. Brown, A.K. McConnell // *Europ. J. Appl. Physiol.* – 2009. – v. 108. – P. 505–515.
19. McConnell, A.K. *Breathe strong, perform better* / A.K. McConnell. – Champaign, Ill: Human kinetics, 2011. – 275 p.
20. Tong, T.K. The effect of inspiratory muscle training on high-intensity, intermittent running performance to exhaustion / T.K. Tong et al // *Apple. Physiol., Nutrition and Metabolism.* – 2008. – V. 33. – P. 671–681.
21. Verges, S. Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensation, respiratory control and exercise performance. A 15-year experience / S. Verges, U. Bontellier, C.M. Spengler // *Resp. Physiol. and Neurobiol.* – 2008. – V. 161. – P. 16–22.
22. Williams, M.H. *Ergogenic aids in sport* / M.H. Williams. – Champaign, Ill.: Human kinetics publ., 1995. – 385 p.
23. Website <http://www.sportsengineering.co.uk/>
24. Website <http://www.asisport.su/>
25. Website [http:// www.powerlung.com](http://www.powerlung.com).
26. Website http://dantesport.ru/product_info
27. Website [http:// www.medpoisk.ru](http://www.medpoisk.ru)
28. Website <http://www.eaglesports.ru/collection/inspiratornye-trenazhery>

УДК 796.015.628

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СРОЧНОГО И УДАЛЕННОГО КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СПОРТСМЕНОВ

¹Ярмолинский В.И., канд. техн. наук, ²Глухов Ю.Ф., ²Луневиц А.Я.,
²Староселец В.С.

¹*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*
²*ООО «Компания ЭЛТА», Беларусь-Россия*

Массовое производство домашней и носимой электронной диагностической техники послужило основой для развития систем дистанционного мониторинга здоровья различных категорий населения, и прежде всего, хронических больных, нуждающихся в выявлении urgentных

состояний, то есть требующих неотложного оказания медицинской помощи. К ним относятся лица, страдающие артериальной гипертензией (АГ), ишемической болезнью сердца (ИБС), стенокардией, нарушениями ритма сердца, сахарным диабетом (СД), перенесшие инфаркт миокарда (ИМ), мозговые инсульты (МИ), сложные операции и др.

Такие системы удачно дополняют клиническую телемедицину, позволяя самим пациентам вступить в контакт с лечащим врачом, получить его срочную консультацию без выезда в поликлинику. Традиционная передача данных по телефону сменяется устойчивой интернет-коммуникацией и возможностью консультирования сразу у нескольких экспертов, в том числе из других стран. Облачное хранение данных гарантирует анонимность мониторинга, надежность хранения информации, позволяет регистрировать личный кабинет вне зависимости от места жительства, выстраивать желаемую тактику взаимодействия с сервисными службами.

Новое направление систем удаленного доступа связано с развитием мобильных приложений и недорогих гаджетов для любителей здорового стиля жизни и физической культуры. Стремясь пополнить аудиторию клиентов, производители фитнес-трекеров создают цифровые платформы для сбора персональных данных «в целях глобального изучения показателей здоровья земного населения» (Apple). Практический выход от подобных систем пока невелик, так как диагностические процедуры здесь не регламентируются, а сами браслеты и «умные» часы измеряют ограниченный круг показателей (физическую активность, калории, график пульса). Фитнес-инструкторы поддерживают идею применения гаджетов, однако сами не стремятся к глубокому анализу показателей клиентов, как в силу недостаточной научной подготовленности, так и в связи с низкой окупаемостью подобных усилий, явно уступающих по доходам от продаж спортивного питания.

Особую категорию лиц, нуждающихся в мониторинге физического и функционального состояния, составляют спортсмены, занимающиеся с полной самоотдачей. Ни один из вышеназванных сервисов не подходит для этих целей, так как их деятельность несет особые риски для здоровья и требует тщательного, регулярного и специфического контроля, несвойственного для фитнеса и клинической медицины. Информация, получаемая от трекеров и обычных домашних приборов (весы, тонометр, термометр, глюкометр) не отражает картину адаптационных и восстановительных процессов, физиологических явлений, отражающих повышение рисков на тренировках.

Участившиеся случаи внезапной смерти спортсменов, ухудшения самочувствия лиц, занимающихся физической культурой в учреждениях образования, заставляют все более пристально смотреть на эту проблему и открыто обсуждать ее в СМИ и научной литературе [1–3]. На предыдущих конференциях в БНТУ (2012, 2014), БарГУ (2013), БГУ (2015) мы предложили комплекс организационных, методических и технических решений по обеспечению контроля функций сердца в условиях физической подготовки и домашнего отдыха [4, 5]. В представленном докладе иллюстрируются

очередные конструктивные и программные обновления, новые возможности созданного кардиостресс-тестера и мобильного приложения.

Целью настоящей работы является освещение хода проектирования системы коллективного пользования, обеспечивающей как срочный, так и удаленный мониторинг функционального состояния профессиональных спортсменов и лиц, занимающихся оздоровлением, массовыми видами спорта (учащиеся, студенты, клиенты физкультурно-оздоровительных центров и др.).

Методы исследования – анализ научных публикаций и характеристик зарубежных систем дистанционного контроля, компьютерное проектирование, использование разработок в педагогическом эксперименте (учебный процесс, нагрузочное тестирование), ЭКГ-скрининг приборами «Интекард» и PageWriter.

На рисунке 1 нами представлена структурная схема разрабатываемой системы массового кардиомониторинга. Ее центральным звеном является web-портал, обеспечивающий круглосуточный прием, хранение и обработку данных, пересылаемых клиентами, а также управление системой коммуникаций между пользователями приборов, консультативными центрами и службами поддержки. Потенциальными клиентами сервиса являются все три вышеупомянутые группы населения – кардиологические больные, спортсмены, физкультурники.

Однако спецификой сервиса является углубленный анализ сердечного ритма, ЭКГ и проводимости сердца, в том числе с позиций спортивной медицины. Здесь будут использованы национальные (РФ) и европейские рекомендации по определению риска внезапной сердечной смерти, алгоритмы обработки нагрузочной, дифференцированной и спектральной ЭКГ, оценки пульсовых реакций на вегетативные и нагрузочные пробы, рекомендации по противопоказанию к физическим нагрузкам, экспертные критерии.

Кроме выявления urgentных состояний программы, установленные на web-портале и в смартфоне, позволят всем заинтересованным пользователям регулярно проводить функциональное самотестирование, изучать тренды и обсуждать их с авторитетными специалистами.

Центральный web-сервер представляет собой портал с разделенным доступом для пользователей, консультантов и служб скорой помощи. Порталом смогут воспользоваться образовательные и спортивные учреждения, получая методическую поддержку специалистов из кардиологических и спортивных научных центров. Сами клиенты (студенты, спортсмены, кардиобольные) могут находиться в прямом интернет-контакте с лечащим врачом, тренером, преподавателем физической культуры, пересылая им, минуя сервер, (например, по E-mail, Viber, Skipe) свои картинки с записью ЭКГ, реакцией на функциональную пробу, комментариями по самочувствию.

Учитывая обеспокоенность многих преподавателей, что научный мониторинг здоровья студентов занимает время практических занятий, заметим, что этот подход разрешает проблему массового тестирования без ущерба для учебного процесса. Уже за день до проведения занятия преподаватель может собрать в единую таблицу показатели, накануне

зафиксированные студентами, выборочно присмотреть ЭКГ и принять решения по индивидуальному подходу.

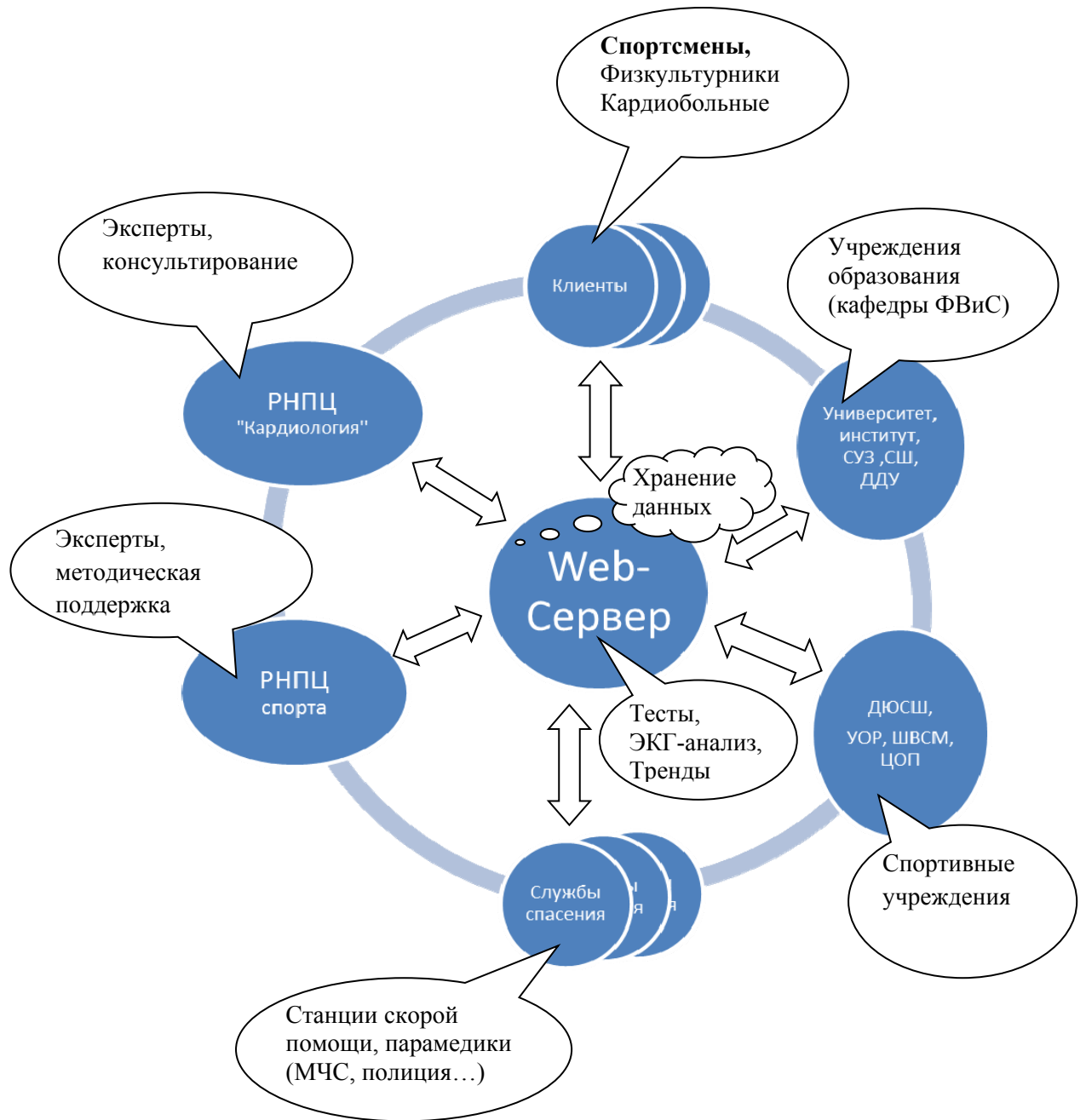


Рисунок 1 – Концептуальная схема системы срочного и удаленного кардиомониторинга спортсменов

Карманный электрокардиограф «Сателлит», разработанный нами на основе новейших электронных технологий, позволяет студентам самим контролировать ЧСС и сердечный ритм, их стресс-проявления в нагрузке (рисунок 2). На экране смартфона спортсмены могут сравнивать эталонные и текущие фрагменты ЭКГ, и при наличии опасений немедленно консультироваться с тренером и дежурным медработником.



Рисунок 2 – Кардиотестер «Сателлит» и его применение в нагрузочном тесте (связь со смартфоном осуществляется по каналу Bluetooth)

В экстренных случаях, как показывает зарубежная практика эксплуатации систем дистанционного контроля, связанных со службами спасения, сроки оказания медицинской помощи и профессиональных консультаций значительно сокращаются, а это является важным условием спасения жизни человека. Съём ЭКГ высокого разрешения, обеспечиваемый с грудных отведений, позволит спортсменам и спортивным врачам использовать новейшие критерии обнаружения ранних признаков патологии сердца (поздние потенциалы, альтернанс Т-волны, турбулентность ритма сердца, дисперсия QT-интервала).

Срочный мониторинг состояния группы студентов, спортсменов или лиц, проходящих нагрузочную кардиореабилитацию, может осуществляться по упрощенной схеме, когда пульсовые показатели или ЭКГ участников занятий выводятся на планшет или ноутбук преподавателя по встроенному в прибор радиоканалу (дальность прямого действия – 1 км). В залах аэробики, ЛФК целесообразно использовать лазерную панель, повышающую эмоциональность занятий. Видеодемонстрация упражнений здесь может чередоваться с командами на начало измерений, табличными данными пульса, автоматическим выделением лиц с неадекватной реакцией. По окончании занятий возможна распечатка индивидуальных протоколов и рекомендаций .

Важным доводом к внедрению on-line системы является сравнительно низкая цена прибора «Сателлит» по отношению к клиническим электрокардиографам (на порядок) и дорогим фитнес-трекерам (здесь возможен выигрыш). Программные приложения будут построены опционально: часть будет поставляться бесплатно, более сложные версии будут установлены на web-сервере и могут использоваться или скачиваться организацией в соответствии с договором на обслуживание. Не исключено, что для определенной категории клиентов (например, кардиобольных) часть расходов возьмут на себя социальные и страховые службы, благотворительные организации. Социальные работники смогут помочь пенсионерам, людям преклонного возраста устанавливать прибор для ночного кардиомониторинга, который, находясь в интернет-сети, сможет вызвать скорую помощь раньше, чем это сделают родственники. Последним может быть отправлено SMS-сообщение о назревающих проблемах прямо с телефона пользователя прибора.

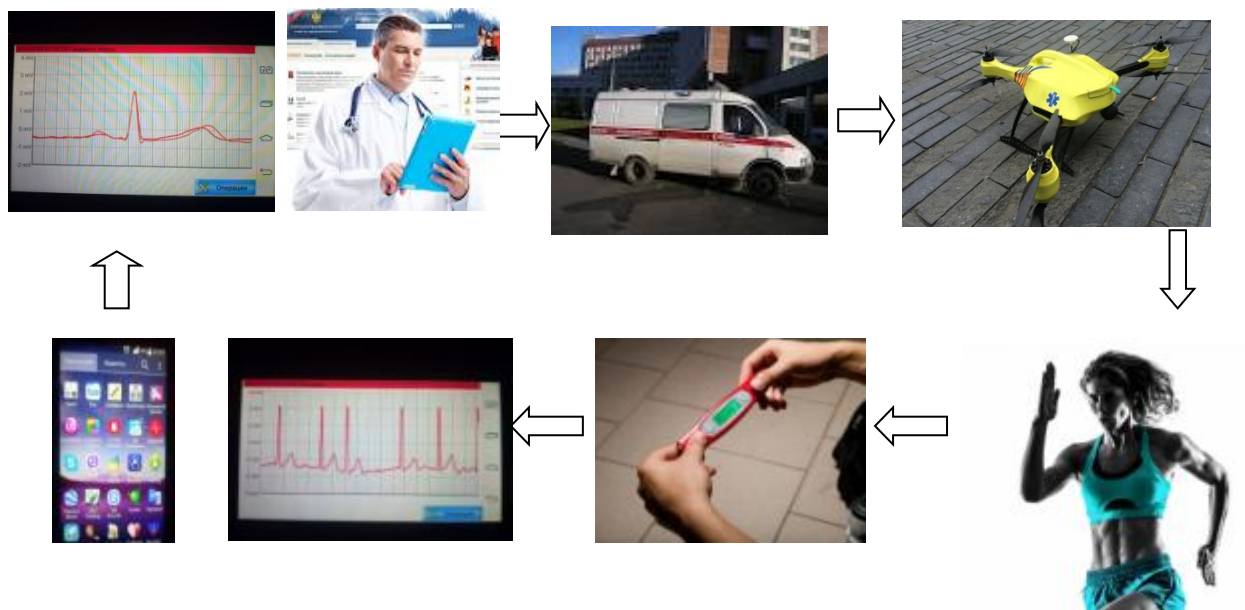


Рисунок 3 – Алгоритм экстренного взаимодействия спортсмена (тренера) и врача

Работу клиентской части сервера обеспечит современный web-браузер. Хранение данных будет осуществляться на базе платформы Oracle или Access. Мобильное приложение пока функционирует в ОС Android v.4.4 и выше, но по мере оптимизации функций будет освоено и в ОС iOS, Windows Mobile. Пока обосновывается концепция ведения личного кабинета, содержания его разделов, условий доступа, рассылки почтовых и SMS-уведомлений. Не исключено, что для снижения затрат малосостоятельных пользователей приборы будут выдаваться в аренду (прокат) медицинскими организациями или самим производителем. При этом программа, устанавливаемая на их телефонах, сможет сама обнаружить нарушения ритма сердца, инфаркт, фибрилляцию и другие опасные состояния. Теперь, когда достаточно трудно день в день попасть к участковому терапевту или кардиологу, многим людям будет достаточно взглянуть на телефон, чтобы успокоиться или обоснованно набрать вызов скорой.

Здесь уместно напомнить о психологии спортсменов, привыкших терпеть боль, тяжелое состояние перетренированности. Заверяя себя и других, что я – сильный, мне не к лицу обращаться к доктору по первому поводу, можно потерять драгоценное время, как это не раз было в спортивных раздевалках. Возможно, карманный электрокардиограф кому-то поможет сохранить не только спортивную карьеру, но и жизнь. И значит этот проект, начатый нами еще в 2010 году, будет социально оправдан.

За 5 лет разработки за рубежом уже появились альтернативные решения, прежде всего – в части интернет-сервиса, автоматического анализа ЭКГ, конструирования новых интеллектуальных приборов. Мы пока выигрываем в комфортности и доступности приборов, потенциально низкой цене, которая могла бы соответствовать покупательской способности нашего населения (говорим о пресловутых ста долларах). Но для массового производства необходимы серьезные инвестиции, отсутствие которых серьезно отражается на

темпах разработки мобильных и компьютерных приложений. Хотелось бы, чтобы деловые люди, также нередко нуждающиеся в оперативном медицинском контроле, тоже смогли воспользоваться предложенным сервисом, не выходя из автомобиля, офиса, в зарубежной поездке. Для этого им достаточно пойти на тесное и взаимовыгодное сотрудничество. Тогда стране не придется нести валютные затраты на организацию подобных услуг, а наоборот – она сможет сделать эту продукцию статьей своего экспорта.

1. Бокерия, О.Л. Внезапная сердечная смерть у спортсменов / О.Л. Бокерия, А.Ю. Испирян // *Анналы аритмологии* – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 31–39.

2. Гаврилова, Е.А. Внезапная смерть в спорте и ее профилактика (научный обзор) / Е.А. Гаврилова // *Терапевт.* – 2014. – № 12. – С. 57–63.

3. Макарова, Н.В. Профилактика внезапной смерти у спортсменов высшего мастерства в Республике Саха (Якутия) / Н.В. Макарова и др. // *Теория и практика физической культуры.* – 2015. – № 10. – С. 73–75.

4. Ярмолинский, В.И. Организационно-педагогические аспекты профилактики летальных исходов при занятиях физической культурой и спортом / В.И. Ярмолинский // *Здоровье-сберегающие психолого-педагогические технологии и медико-биологические системы оздоровления: сб.ст. (материалы I Междунар. науч.-практ. конф., 28 апр. 2014 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: А.В. Никишова (гл. ред.), И.А. Ножко (отв. ред.) [и др.]. – Барановичи: РИО БарГУ, 2014. – С. 37–45.*

5. Ярмолинский, В.И. Технологии самоконтроля, минимизирующие риски перенапряжения и внезапной смерти спортсменов / В.И. Ярмолинский и др. // *Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: сб. статей (материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 13–14 февр. 2014 г.). – Минск: БНТУ, 2014. – С. 5–10.*