

УДК 616.12-07:79-053.2

Левашова О.А.¹, Левашов С.Ю.²

Уральский государственный университет физической культуры¹

Южно-Уральский государственный медицинский университет²

Челябинск, Россия

levashovs@mail.ru

НЕИНВАЗИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МИОКАРДА У ДЕТЕЙ–СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

Представлены возможности оценки функционального состояния детей–спортсменов с помощью неинвазивных методов исследования. Дается обоснование методики и методология ее применения в практике спортивной медицины. Показано, что недрение в спортивную кардиологию метода оценки величины скорости активации желудочков сердца в различные возрастные периоды жизни, на различных этапах тренировочно–соревновательного процесса позволит оценить у лиц, занимающихся спортом, функциональное состояние миокарда, его адаптационные возможности, а так же своевременно выявить группы риска по сердечно–сосудистой патологии. Метод обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для раннего выявления изменений миокарда, является неинвазивным, безопасным и доступным, может быть рекомендован как в качестве скринирующего, так и в качестве уточняющего, диагностического в спортивной кардиологии.

Ключевые слова: *адаптация, дети, спортсмены, миокард, тренировочный эффект, функциональное состояние, физические нагрузки, электрокардиография, скоростные характеристики.*

Levashova O.¹, Levashov S.²

The Ural state University of Physical Culture¹

The South Ural State Medical University²

Chelyabinsk, Russia

levashovs@mail.ru

NON–INVASIVE DIAGNOSTICS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE MYOCARDIUM IN CHILDREN–SPORTSMEN ON THE BASIS ANALYSIS OF VELOCITY CHARACTERISTICS OF ELECTRIC ACTIVITY OF THE HEART

It presents the possibility of evaluating the functional state of children-athletes with non-invasive methods. The substantiation of the methodology and the methodology of its use in the practice of sports medicine. It is shown that nedrenie in sports cardiology method speed value determined activation of the heart ventricles in different ages of life, in different stages of training-competitive process will evaluate the persons involved in sports, the functional state of the myocardium, its adaptive capabilities, as well as timely identification of risk groups for cardiovascular disease. The method has the sufficient sensitivity and specificity for early detection of changes in the myocardium, is non-invasive, safe and affordable, may be recommended both as screened, and as a clarifying, diagnostic cardiology in the sport.

Keywords: *adaptation, children, athletes, the myocardium, the training effect, functional status, exercise electrocardiography, high-speed characteristics.*

В Российской Федерации в настоящее время более 250 тыс. объектов спорта, включая 20 тыс. спортивных клубов. Численность систематически занимающихся

физической культурой и спортом составляет около 28 млн. человек. Среди детского населения 20% лиц в возрасте от 6 до 15 лет занимаются в спортивных секциях. В тоже

время, физическая культура и детский спорт являются актуальной медицинской и социальной проблемой. Именно занятия спортом включают в себя не только физическую, но и эмоциональную нагрузку, что предъявляет к организму юного спортсмена повышенные требования. При этом необходимо учитывать тот факт, что в последние годы значительно возросло число ребят, имеющих наследственную предрасположенность к самым различным заболеваниям, многочисленные признаки структурной неполноценности соединительной ткани, в том числе со стороны сердечно-сосудистой системы.

С медицинской точки зрения главным исходным аспектом в процессе управления тренировочными занятиями является адекватная диагностика функционального состояния органов и систем, определяющих и лимитирующих общую и специальную работоспособность по различным видам спорта, адаптацию к умственным и физическим нагрузкам с учетом возрастных и гендерных аспектов [3–5, 15, 21]. Врачебный контроль за функциональной подготовленностью спортсменов, состоянием сердечно-сосудистой системы предусматривает решение ряда задач [24]:

- оценка изменений в функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы, имеющих наибольшее значение в данном виде спорта;
- диагностика отставленного тренировочного эффекта, т.е. изменений в поздних периодах восстановления (на другой день после тренировки и в последующие дни);
- диагностика срочного тренировочного эффекта, т. е. изменений, происходящих в организме во время выполнения упражнений и в ближайший восстановительный период;
- оценка результатов сопоставления текущего обследования с предыдущими, полученными на разных этапах тренировочно-соревновательного процесса;
- анализ результатов сопоставления данных обследования спортсмена с функциональными показателями других спортсменов.

В связи с этим наиболее значимыми и актуальными вопросами детского и юноше-

ского спорта является поиск новых, более эффективных форм спортивного отбора и наблюдения будущих юных спортсменов.

Особое значение приобретает выявление ранних признаков не только нарушений регуляторных механизмов адаптации в процессе тренировок и соревнований, но и уровня активности и степени энергообеспечения компенсаторно-приспособительных реакций [7, 15, 20]. При этом, наиболее важным является поиск новых методов оценки функционального состояния миокарда, его адаптационных способностей на основе анализа различных аспектов электрической активности сердца (ЭАС), которую можно оценить на основе регистрации обычной электрокардиограммы (ЭКГ), так и применения методов электрокардиографии высокого разрешения – регистрация усредненной ЭКГ, поздних потенциалов ЭКГ, дифференциальной ЭКГ [8, 13, 14, 19, 25–27, 29, 30].

Известно, что осуществление сердцем своей основной гемодинамической функции, а также обеспечение энергетических процессов в миокарде происходит в результате пускового триггерного механизма, роль которого выполняет электрическая активность сердца. ЭАС обусловлена, как известно, тем, что ткани сердца способны вырабатывать и передавать импульсы возбуждения регенеративным способом. Вследствие локальных изменений относительной проницаемости мембраны кардиомиоцитов для различных ионов, возникают градиенты потенциала через клеточную мембрану и вдоль поверхности клеток между возбужденным участком и его окружением. При этом, транспорт ионов может быть активным (за счет деятельности мембранных ферментов) и пассивным (за счет разности потенциалов на мембране). Упорядоченный процесс возбуждения и сокращения миокарда определяется свойствами этих токов.

В конечном итоге, электрическая активность сердца определяется уровнем трансмембранного потенциала (ТМП), который генетически детерминирован, а величина и скорость изменения потенциала определяют степень энергообеспечения клетки [1]. В то же время электрические свойства клетки

несут информацию о структуре клеточной мембраны и активности метаболических реакций в ней [23].

С позиций формирования трансмембранного потенциала действия трактуется формирование электрокардиограммы (рис. 1). Так, 0-фаза ТМП, связанная с быстрым входом ионов Na^+ , совпадает по времени с комплексом QRS, характеризующим деполяризацию (активацию) желудочков сердца. Величина и скорость трансмембранного потенциала действия определяют амплитудно-временную характеристику основного зубца QRS электрокардиограммы (R или S).

Фазы 1–2 (медленная реполяризация) совпадают по времени с сегментом ST и восходящим коленом зубца T, а фаза 3 (быстрая реполяризация, связанная с быстрым выходом ионов K^+) – с нисходящим коленом зубца T [2].

Таким образом, кривая комплекса QRS электрокардиограммы соответствует O фазе ТМП действия. Поэтому, скоростные показатели изменения ЭКГ – контура косвенно отражают и скорость изменения ТМП. Первая производная ЭКГ позволяет определить скорость изменения любого контура электрокардиограммы.

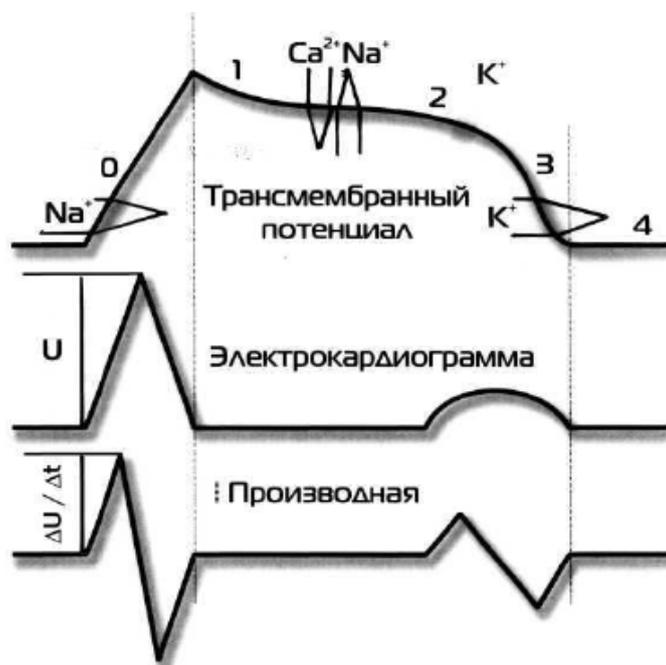


Рисунок 1 – Соотношение трансмембранного потенциала, ЭКГ и ее первой производной ТМП

При этом скоростные характеристики электрической активности сердца наиболее тесно связаны с состоянием мембран кардиомиоцитов (0, 1, 3 фазой

потенциала, ЭКГ и ее первой производной ТМП действия), с процессами энергообеспечения (аэробными, анаэробными), с сократительной способностью миокарда и метаболизмом липидов [28]. Аэробные и анаэробные возможности организма, как и ТМП действия, довольно жестко генетически детерминированы. Показатель аэробных возможностей определяется наследственностью на 77–96 %, а анаэробный показатель

на 84–98 %. Эти показатели мало изменяются в процессе многолетней тренировки [24].

Известно, что скорость является фундаментальной характеристикой любого процесса. Адаптация – это прежде всего изменение скоростей биологических реакций [22]. При большой силе или большой экспозиции стресс-реакция (например, статическая или динамическая нагрузка) становится причиной повреждения мембран кардиомиоцитов, что сопровождается нарушением их стабильности. Поэтому, изменения скоростных показателей ЭАС происходит раньше, чем изменения величины ТМП.

Обычные методы регистрации ЭАС, такие как ЭКГ, отражают величину ТМП и его направленность, и не позволяют оценить изменения скоростных показателей электрических свойств миокарда. Для получения скоростной характеристики необходимо провести дифференцирование процесса во времени или получить первую производную этого процесса.

Как показали фундаментальные электрокардиологические исследования, скорость изменения потенциалов сердца, определенная по данным ЭКГ и ее первой производной, отражает степень электрогенности ионных насосов, состояние клеточных мембран. Показатель неоднородности скорости, характеризуя степень ее изменчивости и направленность основных векторов, отражает способность мембран кардиомиоцитов к стабильному состоянию [13, 26].

Одним из подходов анализа первой производной ЭКГ является метод Душанина С.А. [13], который базируется на основе метода электрокардиографии и позволяет спортсменам без специального тестирования и забора проб крови получить информацию об аэробной и анаэробной способности по 5-ти факторам: аэробной мощности и экономичности; анаэробно-гликолитической мощности и емкости. При этом на основе стандартной регистрации электрокардиограммы и ее первой производной анализируются зубцы R и S первой производной в отведениях V_{3R} (анаэробно-креатинфосфатный энергетический обмен), V_2 (анаэробно-гликолитический энергетический обмен) и V_6 (аэробный энергетический обмен).

Маколкин В.И. [19] и сотрудники активно изучают первую производную зубца T на ЭКГ во всех 12-отведениях ЭКГ, оценивая изменения процессов реполяризации при различных клинических состояниях.

Волковой Э.Г. была предложена методика совместного анализа комплекса QRS (0 фаза ТМП – деполяризация) и его первой производной [8]. В основу количественного определения скоростных показателей ЭАС по величине скорости активации желудочков (САЖ) сердца положен прототип опре-

деления скорости сокращения миокарда, предложенный J.H.Siegel и E.Sonnenblick (1964) в модификации U.Veragut (1965), известный в литературе как индекс сократимости миокарда. Данный показатель и до настоящего времени считается наиболее точной характеристикой сократимости миокарда.

Индекс сократимости миокарда определяется как

$$\frac{\Delta P / \Delta t}{P}$$

где $\Delta P / \Delta t$ – максимальная скорость нарастания давления в желудочке (определяемого с помощью первой производной)

P – давление в желудочке в момент пика скорости.

Аналогично индексу сократимости миокарда и было предложено оценивать скоростные показатели электрической активности сердца по величине САЖ.

Таким образом, скоростные показатели ЭАС оценивают по величине скорости активации желудочков сердца с помощью ЭКГ и ее первой производной (дифференциальная ЭКГ). Данная методика осуществляется следующим образом: пациента укладывают в горизонтальное положение и снимают ЭКГ и ее 1 производную в 12 отведениях с помощью одноканального электрокардиографа со встроенным дифференциатором, производящим аналого-цифровое преобразование сигнала, или многоканального электрокардиографа, совмещенного с компьютерным анализатором, с помощью компьютерных программ (например ЭК12К-01-«ЧЭТП»), имеющим в схеме фильтры высокой частоты (R–C цепи) с постоянной времени не более 0.01с. Расчет САЖ проводится по методике Э.Г. Волковой [8, 9], как отношение максимальной амплитуды дифференциальной кривой комплекса QRS ($\Delta U / \Delta t$) к максимальной амплитуде соответствующей кривой комплекса QRS (U) обычной ЭКГ (рис.1). Методика измерения зубцов обычной ЭКГ и ее первой производной соответствует процедуре Миннесотского кода: на ЭКГ зубец, направленный вверх, измеряется от верхнего края

изолинии (например, в отведениях I, II, aVL, V2, V6), направленный вниз – от нижнего края изолинии (в отведениях aVR, V1, V2). Амплитуда зубцов первой производной измеряется от верхнего или нижнего края изолинии в зависимости от отведения. Величина скорости активации желудочков сердца рассчитывается в каждом из 12 отведений (локальное значение САЖл), а затем находится индивидуальное среднее значение для каждого обследуемого. Полученные результаты могут быть выражены как в абсолютных цифрах (с⁻¹), так и процентах.

Методика расчета скорости активации желудочков сердца (САЖ)

$$\text{САЖл} = \frac{\Delta U / \Delta t}{U} * 100 \text{с}^{-1}$$

$$\text{САЖср.} = \frac{\sum \text{САЖл}}{n}$$

$\Delta U / \Delta t$ – амплитуда комплекса QRS после дифференцирования

U – амплитуда основного зубца комплекса QRS до дифференцирования,

САЖ л – локальное значение скорости активации желудочков сердца,

$\sum \text{САЖл}$ – сумма значений локальных САЖ,

n – число ЭКГ – отведений.

Проведенные исследования среди взрослого (у здоровых и лиц с факторами риска, больных с различными формами ИБС) и детского (у детей в зависимости от возраста и пола, с наличием пренатальных и постнатальных факторов риска, у подростков с артериальной гипертензией) населения показали высокую диагностическую и прогностическую значимость этого метода, его простоту и доступность [9–11, 16–18]. Следует подчеркнуть, что в отечественной литературе сообщений об использовании данного метода в спортивной кардиологии нам не встретилось. В связи с этим, целесообразно внедрение нового подхода оценки функционального состояния миокарда, его адаптационных способностей у лиц, занимающихся спортом.

Преимуществом метода является простота, безопасность, возможность исполь-

зовать серийно выпускаемые электрокардиографы после установления дифференциатора. Компьютерный анализ получаемого сигнала с помощью специальной программы значительно упрощает и ускоряет обработку данных.

Значимость величины скорости активации желудочков сердца у детей и подростков определяется тем, что показатели скорости активации желудочков сердца можно расценивать как маркер состояния мембран кардиомиоцитов, как индикатор здорового сердца. Это обусловлено тем, что

- САЖ определяется уровнем трансмембранного потенциала

- САЖ характеризует О фазу трансмембранного потенциала действия

- САЖ несет информацию о структуре клеточной мембраны и активности метаболических процессов в ней.

- Электрическая активность сердца, особенно скоростные ее характеристики, является триггером энергетической, хроно-, дромо-, батмо- и инотропной функций сердца.

При этом, определение скорости активации желудочков сердца выше или ниже среднего значения для каждой возрастно-половой группы детей позволяет диагностировать напряжение или снижение функциональных резервов миокарда, его адаптационных способностей. Внедрение в спортивную кардиологию метода оценки величины скорости активации желудочков сердца в различные возрастные периоды жизни, на различных этапах тренировочно-соревновательного процесса позволит оценить у лиц, занимающихся спортом, функциональное состояние миокарда, его адаптационные возможности, а так же своевременно выявить группы риска по сердечно-сосудистой патологии.

Обладая достаточной чувствительностью и специфичностью для раннего выявления изменений миокарда, будучи неинвазивным, безопасным и доступным, метод может быть рекомендован как в качестве скринирующего, так и в качестве уточняющего, диагностического в спортивной кардиологии.

Список литературы

1. Бабский, Е.Б. Динамика энергетического обмена в миокарде в течение сердечного цикла / Е.Б. Бабский, Е.В. Богданова // Метаболизм миокарда: материалы 1-го советско-американского симпозиума. – М., 1975. – С. 2260–267.
2. Барр, Р.К. Электрокардиограмма и ее связь с возбуждением сердца / Р.К. Барр // Физиология и патофизиология сердца. – М., 1988. – Т.1. – С.214–241.
3. Быков, Е.В. Возрастные особенности колебательной активности показателей гемодинамики / Е.В. Быков, Н.Е. Комлев // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90. – № 6. – С. 130.
4. Быков, Е.В. Оценка характера вегетативной регуляции во взаимосвязи с уровнем соматического здоровья у юных спортсменов-конькобежцев 13–15 лет / Е.В. Быков, Р.А. Долгова // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 8. – С. 45.
5. Быков, Е.В. Спектральные характеристики ритма сердца у футболистов с различным типом вегетативной регуляции / Е.В. Быков, Е.Г. Сидоркина, Н.В. Аксенова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1426.
6. Быков, Е.В. Вариабельность сердечного ритма и направленность физических нагрузок / Е.В. Быков, Н.Г. Зинурова, А.В. Чипышев // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов : матер. VI Всерос. симп., Ижевск, 11–12 октября 2016г. – Ижевск : Удмуртский университет, 2016. – С. 92–95.
7. Быков, Е.В. Совершенствование методов контроля за тренировочным процессом на основе современных информационных технологий / Е.В. Быков, О.И. Коломиец // Теория и практика физической культуры. – 2016. – №5. – С. 59–61.
8. Волкова, Э.Г. Изучение скорости деполяризации желудочков сердца у больных сочетанными и изолированными формами ИБС и гипертонической болезнью : дис. ... канд. мед. наук / Э.Г. Волкова. – Челябинск. – 1976. – 142 с.
9. Волкова, Э.Г. Клинико-функциональные взаимосвязи и прогностическое значение скоростных детерминант электрической активности сердца у здоровых, больных артериальной гипертонией и ишемической болезнью сердца. Популяционное, клиническое и экспериментальное исследование : дис. ... док. мед. наук / Э.Г. Волкова. – Челябинск, 1990. – 339с.
10. Волкова, Э.Г. Ранняя диагностика и прогнозирование ишемической болезни сердца : пособие для врачей / Э.Г. Волкова. – Челябинск, 2003. – 32 с.
11. Волкова, Э.Г. Патент на изобретение «Способ диагностики нарушений электрической активности миокарда у практически здоровых лиц с нормальной ЭКГ» / Э.Г. Волкова, Л.Н. Мовчан, С.Ю. Левашов, С.А. Шальнова. – №2162656 от 10 июля 2010 г.
12. Де Луна, А.Б. Руководство по клинической электрокардиографии / А.Б. Де Луна. – М., 1993. – С.21–50.
13. Душанин, С.А. Программы и критерии диагностики реализуемости потенциальных аэробных возможностей как одного из факторов внутренней структуры физической работоспособности в норме и патологии / С.А. Душанин. // Медицинские проблемы физической культуры. – Киев, 1986. – № 10. – С. 45–47.
14. Иванов, Г.Г. Оценка тяжести течения и отдаленного прогноза острого коронарного синдрома при использовании методов ЭКГ высокого разрешения, дисперсионного картирования и интенсивности свободнорадикальных процессов / Г.Г. Иванов, В.А. Востриков, О.А. Азизоваи др. // Вестник РУДН, серия Медицина. – 2009. – № 1. – С.69–74.
15. Коломиец, О.И. Вариабельность ритма сердца при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности / О.И. Коломиец, Е.В. Быков / Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. № 12 (118). – С. 98–103.
16. Левашов, С.Ю. Особенности взаимосвязи «традиционных» факторов риска и первой производной ЭКГ в развитии коронарного атеросклероза, первичного инфаркта миокарда и прогнозирования исходов

стабильной стенокардии (клинико–эпидемиологическое и экспериментальное исследование) : дис. ... док. мед. наук / С.Ю. Левашов; УГМАДО. – Челябинск, 2009. – 259 с.

17. Левашова, О.А. Общие закономерности изменения скоростных показателей электрической активности сердца у детей : дис. ... канд. мед. наук / О.А. Левашова; УГМАДО. – Челябинск, 2001. – 143 с.

18. Левашова, О.А. Способ ранней неинвазивной диагностики функционального состояния миокарда и его адаптационной способности у детей (патент) / О.А. Левашова, Э.Г. Волкова, С.Ю. Левашов. – Патент №2162656, Российская Федерация, МПК 7 А 61 В 5/0402. – № 98113679/14 (014860); 10.02.2001.

19. Маколкин, В.И. Изменения первой производной ЭКГ при ишемической болезни сердца / В.И. Маколкин, О.Р. Носова, Н.С. Морозова // Кардиология. – 2009. – №1. – С.14–18.

20. Плетнев, А.А. Оценка переходных процессов гемодинамики спортсменов при ортопробе на основании анализа спектральных характеристик / А.А. Плетнев, Е.В. Быков, Н.Г. Зинурова, А.В. Чипышев // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 320.

21. Рязанцев, А.В. Нейровегетативные и нейродинамические критерии оценки адаптации юных шахматистов к умственным нагрузкам / А.В. Рязанцев, Е.В. Быков, А.В. Чипышев // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 4. – С. 7–10.

22. Саркисов, Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Д.С. Саркисов. – М. :Медицина, 1987. – 446с.

23. Сперелакис, Н. Физиология и патофизиология сердца / Н. Сперелакис. – М., 1990. – Т.1. – С.118–126.

24. Табарчук, А.Д. Медицинское обеспечение спорта (избранные лекции) : учебное пособие / А.Д. Табарчук, Е.В. Быков, В.Е. Конов, Д.А. Табарчук. – Челябинск : Уральская Академия, 2015. – 314 с.

25. Файнзильберг, Т.Ю. Исследование диагностической ценности фазовых портретов ЭКГ по данным специализированных

баз / Т.Ю. Файнзильберг // Кибернетика и вычислительная техника. – 2012. – Вып.169.

26. Хальфен, Э.Ш. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ / Э.Ш. Хальфен, Л.С. Сулковская // Кардиология. – 1986. –Т26, №6. – С.60–63.

27. Arzeno, N.M. Analysis of First-Derivative Based QRS Detection Algorithms / N.M. Arzeno, Zhi-De Deng, Chi-Sang Poon // IEEE Trans Biomed Eng. –2008 Feb; 55(2); 478 – 484.

28. Lazzara R., Scheriag B.I. // Amer. Y. Cardiol. – 1990. – Vol. 61. – P. 20–26.

29. Madeiro J.P.V. An innovative approach of QRS segmentation based on firstderivative, Hilbert and Wavelet Transforms / J.P.V. Madeiro, P.C. Cortez, J.A.L. Marques, C.R.V. Seiseddos, C.R.M.R. Sobrinho // Med Eng Phys, doi: 10.1016 / J.medengphy. – 2011.12.011. 2012.

30. Tsu-Wang (David) Shen. Implementation of a one-lead ECG human identification system on a normal population / Tsu-Wang (David) Shen, Willis J. Tompkins and Yu Hen Hu // Journal of Engineering and Computer Innovations. –Vol. 2(1), pp. 12–21, January 2011.

References

1. Babskii, E.B .Dynamics of energy metabolism in the myocardium during cardiac cycle / E.B. Babskii, E.V. Bogdanov // Metabolism infarction: Proceedings of the 1st Soviet-American symposium. – M., 1975. – P. 2260–267.

2. Barr, R.K. Electrocardiogram and its relation to heart / R.K. Barr // Physiology and pathophysiology of the heart. – M., 1988. – Т.1. – P.214–241.

3. Bykov, E.V. Age features of oscillatory activity hemodynamic / E.V. Bykov, N.E. Komlev // Russian Journal of Physiology. – 2004. – V. 90. – № 6. – P. 130.

4. Bykov, E.V. Assessment of the nature of vegetative regulation in relation to the level of physical health in young athletes skaters 13–15 / E.V. Bykov, R. Dolgova // Basic Research. – 2008. – № 8. – P. 45.

5. Bykov, E.V. The spectral characteristics of heart rhythm players with different types of vegetative regulation / E.V. Bykov, E.G. Sidorkina, N.V. Aksenova // Modern problems of science and education. – 2014. – № 6. – P. 1426.
6. Bykov E.V. Heart rate variability and direction of physical activity / EV Bykov, N.G. Zinurova, A.V. Chipyshev // Rhythm of the heart and the type of vegetative regulation in the health status of the population and assessment of functional training athletes: mater. VI All-Russia. Symp., Izhevsk, October 11-12, 2016. – Izhevsk, Udmurt State University, 2016. – P. 92–95.
7. Bykov, E.V. Improving the training process control methods based on modern information technology / E.V. Bykov, O.I. Kolomiets // Theory and Practice of Physical Culture. – 2016. – №5. – P. 59–61.
8. Volkova, E.G. The study of the depolarization of ventricular rate in patients with concomitant coronary heart disease, and isolated forms and hypertension: dis. ... Cand. med. Science / E.G. Volkova. – Chelyabinsk. – 1976. – 142 p.
9. Volkova, E.G. Clinical and functional relationships and prognostic value of high-speed determinants of cardiac electrical activity in healthy patients with hypertension and coronary heart disease. A population-based, clinical and experimental research: dis. ... Doc. med. Science / E.G. Volkova. – Chelyabinsk, 1990. – 339 p.
10. Volkova, E.G. Early diagnosis and prognosis of coronary heart disease: A guide for physicians / E.G. Volkova. – Chelyabinsk, 2003. – 32 p.
11. Volkov, E.G. The patent for the invention "Method of diagnosis of myocardial electrical activity in healthy subjects with normal ECG" / E.G. Volkova L.N. Movchan, S.Y. Levashov, S.A. Shalnova. – №2162656 from July 10, 2010.
12. De Luna, A.B. Manual of clinical electrocardiography / A.B. De Luna. – M., 1993. – P. 21–50.
13. Dushanin, S.A. Programs and diagnostic criteria for the feasibility of potential aerobic capacity as one of the factors of the internal structure of physical performance in normal and pathological / S.A. Dushanin // Medical Problems of Physical Culture. – Kyiv, 1986. – № 10. – P. 45–47.
14. Ivanov, G.G. Assessment of the severity and long-term prognosis of acute coronary syndrome using the methods of high-resolution ECG, dispersive mapping and intensity of free radical processes / G.G. Ivanov, V.A. Vostrikov, O.A. Azizovai others. // Bulletin of Peoples' Friendship University, a series of Medicine. – 2009. – № 1. – P. 69–74.
15. Kolomiets, O.I. Heart rate variability during adaptation to physical loads of different orientation / O.I. Kolomiets E.V. Bykov / Scientific notes University. PF Lesgafta. – 2014. № 12 (118). – P. 98–103.
16. Levashov, S.Y. Features of the relationship of "traditional" risk factors and the first derivative of the ECG in the development of coronary atherosclerosis, myocardial infarction and primary prediction of stable angina outcomes (clinical, epidemiological and experimental research): dis. ... Doc. Med. Science / S.Y. Levashov; UGMADO. – Chelyabinsk, 2009. – 259 p.
17. Levashova, O.A. General patterns of change in speed performance of electrical activity of the heart in children: Dis. ... Cand. Med. Science / O.A. Levashova; UGMADO. – Chelyabinsk, 2001. – 143 p.
18. Levashova, O.A. A method of non-invasive early diagnosis of the functional state of the myocardium and its adaptive capacity in children (No.) / O.A. Levashova, E.G. Volkova, S.Y. Levashov. – Patent №2162656, Russian Federation, IPC 7 A 61 5/0402. – № 98113679/14 (014860); 10.02.2001.
19. Makolkin, V.I. Changes the first derivative of the ECG in ischemic heart disease / V.I. Makolkin, O.R. Nosov, N.S. Morozov // Cardiology. – 2009. – №1. – P. 14–18.
20. Pletnev, A.A. Evaluation of transient hemodynamic athletes during orthostatic test based on the analysis of the spectral characteristics / A.A. Pletnev, E.V. Bykov, N.G. Zinurova, A.V. Chipyshev // Modern problems of science and education. – 2014. – № 1. – P. 320.
21. Ryazantsev, A.V. Neurovegetative neurodynamic and criteria for evaluating young

players to adapt to the mental stress / A.V. Ryazantsev, E.V. Bykov, A.V. Chipyshev // Theory and Practice of Physical Culture. – 2011. – №4. – P. 7–10.

22. Sarkisov D.S. Structural basis of adaptation and compensation of disturbed functions / D.S. Sarkisov. – Moscow: Medicine, 1987. – 446 p.

23. Sperelakis, N. Physiology and pathophysiology of the heart / N. Sperelakis. – M., 1990. – T.1. – P. 118–126.

24. Tabarchuk, A.D. Medical maintenance of sports (selected lectures): Textbook / A.D. Tabarchuk, E.V. Bykov, V.E. Konov, D.A. Tabarchuk. – Chelyabinsk: Ural Academy, 2015. – 314 p.

25. Fainzilberg, T.Y. A study of the diagnostic value of ECG according to the specialized database / T.Y. Fainzilberg // Cybernetics and Computer Science. – 2012. – Vol. 169.

26. Halfa, E. The clinical significance of the study of high-speed performance of the T wave

of ECG / E. Halfa, L.S. Sulkovskaya // Cardiology. – 1986. – T26, №6. – P. 60–63.

27. Arzeno, N.M. Analysis of First-Derivative Based QRS Detection Algorithms / N.M. Arzeno, Zhi-De Deng, Chi-Sang Poon // IEEE Trans Biomed Eng. –2008 Feb; 55 (2); 478 – 484.

28. Lazzara R., Scheriag B.I. // Amer. Y. Cardiol. – 1990. – Vol. 61. – P. 20–26.

29. Madeiro J. P. V. An innovative approach of QRS segmentation based on firstderivative, Hilbert and Wavelet Transforms / J.P.V. Madeiro, P.C. Cortez, J.A.L. Marques et al. // Med Eng Phys, doi: 10.1016 / J.medengphy. – 2011.12.011. 2012.

30. Tsu-Wang (David) Shen, Willis J. Tompkins and Yu Hen Hu. Implementation of a one-lead ECG human identification system on a normal population // Journal of Engineering and Computer Innovations. –Vol. 2 (1), pp. 12–21, January 2011.