

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

ЗНАЧЕНИЕ СКОРОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ СЕРДЦА У ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Аннотация. Отражена роль ЭКГ скрининга в выявлении отклонений сердечно-сосудистой системы. Показаны критерии структурных и электрических изменений физиологического «спортивного» сердца. Дается представление об электрическом ремоделировании миокарда на основе анализа скоростных показателей электрической активности сердца и возможности его оценки в процессе спортивной деятельности. Показано, что 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. Внедрение в спортивную кардиологию метода оценки величины скорости активации желудочков сердца в различные возрастные периоды жизни, на различных стадиях тренировочно-соревновательного процесса позволит своевременно оценить у спортсменов функциональное состояние миокарда, его адаптационные возможности, а так же выявить группы риска по сердечно-сосудистой патологии.

Ключевые слова: адаптация, спортсмены, сердце, электрическое ремоделирование миокарда, физические нагрузки, электрокардиография, скоростные характеристики электрической активности сердца, скрининг.

Levashova O.¹, Levashov S.²
The Ural State University of Physical Culture¹
The South Ural State Medical University²
Chelyabinsk, Russia
levashovs@mail.ru

THE VALUE OF THE SPEED PERFORMANCE OF THE ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HEART IN EARLY DIAGNOSIS AND PROGNOSIS COMPENSATORY- ADAPTIVE REACTIONS OF THE HEART IN YOUNG ATHLETES

Annotation. The role of ECG screening in identifying abnormalities of the cardiovascular system. Shown the criteria of structural and electrical changes in physiological athletic heart. Provides an overview of electrical remodeling of the myocardium on the basis of the analysis of the speed performance of the electrical activity of the heart and its evaluation in the course of sports activities. It is shown that with sufficient sensitivity and specificity for early detection of myocardial changes, being non-invasive, safe and available, the method can be recommended as skaniruesh, and as a clarifying diagnostic in sports cardiology. The introduction of sports cardiology of the method of the evaluation value of the speed of activation of the ventricles of the heart in different age periods of life, at different stages of the training-competitive process will allow for timely assessments of athletes functional state of the myocardium, its adaptive capabilities, and to identify risk groups for cardiovascular disease.

Key words: adaptation, athletes, heart, electrical remodeling of the myocardium, exercise, electrocardiography, speed characteristics of the electric activity of the heart, screening.

В современной жизни для многих детей и подростков «заниматься спортом» означает ощущать себя полноценным членом общества, в связи с чем, большинство ребят включают обязательные занятия тем или иным видом спорта в свою жизненную программу. Но в тоже время, именно занятия спортом предъявляют к организму юного спортсмена повышенные требования в связи с интенсивной не только физической, но и эмоциональной нагрузкой; неконтролируемый физический и психоэмоциональный стресс оказывает провоцирующее

влияние на развитие стрессорных повреждений миокарда [1-3]. Известно, что степень риска формирования сердечно-сосудистой патологии при занятиях спортом у детей обусловлена спортивной нагрузкой. В свою очередь, все виды спорта делятся на «статические» и «динамические» и условно отражают преобладающий тип нагрузки [4] (таблица 1). Преобладание динамических или статических нагрузок сопровождается разными эффектами на сердце и сосуды.

Таблица 1 – Виды спорта в зависимости от типа нагрузки

	А.Низко-динамические (<40%MaxO2)	В.Средне-динамические (40-70%MaxO2)	С.Высоко-динамические (>70%MaxO2)
I.Низко-статические (<20% MVC)	бильярд, боулинг, крикет, гольф, керлинг, стрельба	настольный теннис, волейбол, бейсбол	бадминтон, спортивная ходьба, бег (марафон), лыжный спорт, теннис, спортивное ориентирование
II.Средне-статические (20-50% MVC)	автогонки, конный спорт, ныряние, мотоциклетный спорт, гимнастика, стрельба из лука, каратэ/дзюдо	прыжки, парное фигурное катание, кросс, бег (спринт), синхронное плавание	баскетбол, биатлон, хоккей на льду, футбол, лыжные гонки, бег на средние и длинные дистанции, одиночное фигурное катание, плавание, гандбол
III.Высоко-статические (>50%MVC)	санный спорт, боевые искусства, водные лыжи, тяжелая атлетика, метание ядра, скалолазание, гимнастика	бодибилдинг, борьба, скоростной спуск, сноубординг, скейт-бординг	бокс, бег на лыжах, горные лыжи, водное поло, каноэ, велосипедный спорт, десятиборье, академическая гребля, конькобежный спорт

Одной из серьезных проблем является проведение скрининга лицам, собирающимся заниматься различными видами спортивной деятельности. Американская ассоциация сердца в 1996 году [14].и снова в 2012 году изначально предлагает в качестве скрининга использовать панель, состоящую из 12 элементов и позволяющая оценить персональный, семейный анамнез и физическое состояние обследуемого:

Личный анамнез:

1. боль/дискомфорт в груди при физической нагрузке
2. необъяснимые обмороки/предобморочные состояния/сердцебиение

3. чрезмерная/необъяснимая одышка при физической нагрузке
4. ранее выявляемый шум в сердце
5. артериальная гипертензия

Семейный анамнез:

1. случаи внезапной смерти в семье в возрасте < 50лет
2. заболевания сердца у живых близких родственников, развившиеся в возрасте < 50лет
3. наличие у родственников редких заболеваний, таких как гипертрофическая кардиомиопатия, синдром Марфана, синдром удлиненного интервала QT на электрокардиограмме (ЭКГ) и т.д.

Осмотр:

1. шум в сердце (проба Вальсальвы)
2. слабая пульсация на бедренных артериях (коарктация аорты)
3. стигмы/внешние признаки синдрома Марфана
4. измерение АД на обеих руках (сидя)

В случае положительного ответа хотя бы на один пункт предлагается проведение углубленного обследования, включая ЭКГ. Проведение рутинной ЭКГ по-прежнему широко дискутируются, так как отклонения выявляются нечасто, а затраты на ее проведение значительные из-за большого количества обследований. В настоящее время проведение ЭКГ скрининга Американской ассоциацией сердца не рекомендуется. В тоже время другие специалисты утверждают, что проведение ЭКГ скрининга должно быть включено в рутинное обследование, так как это недорогое, неинвазивное и ши-

рокодоступное обследование. В недавнем исследовании в Великобритании более 58% опрошенных врачей указали на необходимость проведения такого ЭКГ-скрининга [11]. В Италии, Германии, Российской Федерации проведение ЭКГ покоя является обязательной процедурой перед началом спортивной деятельности и в процессе тренировок. Европейским обществом кардиологов были предложены ЭКГ критерии, которые отражают электрическую и структурно-функциональную перестройку сердца в процессе регулярных или постоянных физических упражнений. Кроме этого были предложены и критерии ЭКГ, не связанные с физической активностью или ожидаемой физиологической адаптацией сердца к различным видам физических нагрузок и которые могут указывать на наличие какого-либо сердечно-сосудистого заболевания [12] (таблица 2)

Таблица 2 – Классификация ЭКГ изменений у спортсменов

Частые изменения ЭКГ, обусловленные тренировочным процессом	Нечастые изменения ЭКГ, не связанные с тренировочным процессом
Синусовая брадикардия АВ-блокада I степени Неполная блокада правой ножки пучка Гиса Синдром ранней реполяризации желудочков сердца Изолированные вольтажные критерии гипертрофии левого желудочка АВ-блокада II степени (Мобитц I)	Инверсия зубца Т Депрессия сегмента ST Патологический зубец Q Увеличение левого предсердия Отклонение электрической оси сердца (ЭОС) влево/блокада передней верхней ветви левой ножки пучка Гиса Отклонение ЭОС вправо/ блокада задне-нижней ветви левой ножки пучка Гиса Гипертрофия миокарда правого желудочка Синдром WPW Полная блокада левой или правой ножки пучка Гиса Удлинение или укорочение интервала QT АВ-блокада II степени (Мобтц II)

В 2011 году в Стэнфорде, а в 2013 году в Сिएтле были пересмотрены ЭКГ критерии с целью улучшить их специфичность, необходимую для дифференциальной диагностики адаптивных и аномальных отклонений на ЭКГ, особенно связанных с внезапной смертью [13,15]. При сравнении всех 3-х моделей критериев было показано, что частота аномальных отклонений на ЭКГ согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов составила 26%, по

критериям Стэнфорда – 8.1%, а при использовании критериев Сिएтла – 5.7%. Наиболее значимыми вариантами на ЭКГ явились нарушения внутрижелудочковой проводимости, удлинение и укорочение интервала QT. Наиболее чувствительными показателями, характеризующими нормальное спортивное сердце были брадикардия, первая степень атриовентрикулярной (АВ) блокады, АВ-блокада 2 степени с периодикой Самойлова Венкебаха (Тип

Mobitz 1), неполная блокада правой ножки пучка Гиса и синдром ранней реполяризации. Исследования продемонстрировали связь этих показателей с повышением тонауса блуждающего нерва, увеличением камер сердца. Эти критерии характерны для всех спортсменов и характеризуют адаптивную перестройку в процессе физических нагрузок. Однако существуют вариации этих показателей в зависимости от вида спорта (типа физической активности), пола, генетических (расовых) особенностей.

В настоящее время изменения ЭКГ лиц, занимающихся спортивной деятельностью обусловлены:

1. Резко выраженным превалированием функции парасимпатической нервной системы. При этом тонус вегетативной нервной системы у различных спортсменов значительно варьирует и часто непредсказуемо меняется как во время тренировочного процесса, так и в период спортивных соревнований

2. Электрофизиологическим ремоделированием миокарда вследствие нейрогуморальной регуляции сердца

3. Морфологическим ремоделированием миокарда. В процессе тренировок у спортсменов развиваются изменения объемов камер сердца и толщины стенок миокарда. Преимущественно эксцентрическая гипертрофия (увеличение полости левого желудочка (ЛЖ) -диастолический размер не более 65 мм для мужчин и 60 мм для женщин, форма желудочка правильная, эллипсоидная), которая более характерна для спортсменов, тренирующих качество выносливости (динамические нагрузки – перегрузка объемом) или преимущественно концентрическая гипертрофия (увеличение толщины стенок миокарда левого желудочка – не более 13 мм у мужчин и 12 мм у женщин), которая характерна для спортсменов, тренирующих силу (статические нагрузки – перегрузка давлением). Возникающая физиологическая гипертрофия как правило свойственна физиологическому спортивному сердцу, для которого не характерны нарушения диастолического расслабления миокарда. У спортсменов, комбинирующих высокоинтенсивную статическую и дина-

мическую нагрузку, адаптивная гипертрофия ЛЖ обычно симметрична, развивается достаточно рано после начала спортивной деятельности и регрессирует в течение нескольких недель (8 нед.) после прекращения.

Компенсаторно-адаптивные изменения сердца – электрические и структурно-функциональные определяются не только интенсивностью и динамичностью, но и продолжительностью физической нагрузки. При тренировках в рамках любительского спорта, расходующих еженедельно 1000-2000 ккал, спортивное сердце не развивается. Адаптивные изменения чаще развиваются у лиц, тренирующихся не менее 5 часов в неделю не ниже умеренной степени интенсивности (более 2000 ккал в неделю)

Известно, что адаптация – это прежде всего изменение скоростей биологических реакций [10]. В сердце, активность обменных процессов определяется уровнем трансмембранного потенциала кардиомиоцитов и прежде всего, его скоростными характеристиками. В процессе тренировок в сердце происходит ремоделирование электрической активности, что выражается различными ЭКГ-феноменами, которые не всегда могут отражать физиологический этап адаптации сердца к различным видам нагрузок. Стрессорное влияние факторов спортивной деятельности на систему кровообращения прямо или опосредованно лимитируют физическую работоспособность, участвуют в патологической трансформации «спортивного сердца», его дезадаптивном ремоделировании. При этом, мембраны кардиомиоцитов, сосудистого эндотелия и других клеток являются наиболее уязвимыми, что приводит к нарушению их структуры и функции.

Следовательно, своевременная диагностика, профилактика и прогнозирование стрессиндуцированных повреждений сердца у юных спортсменов являются важнейшими проблемами детской кардиологии и спортивной медицины. В связи с этим, для решения этих проблем, наиболее важным является поиск новых методов оценки функционального состояния миокарда, характера и направленности адаптивных ре-

акций на основе анализа различных аспектов электрической активности сердца.

Одним из показателей, отражающих состояние клеточных мембран кардиомиоцитов и позволяющих судить о характере адаптивных изменений является электрическая активность сердца (ЭАС), особенно ее скоростные характеристики. В клинической практике одним из перспективных способов исследования скоростных характеристик ЭАС является метод количественной оценки скоростных детерминант ЭАС по величине скорости активации желудочков (САЖ) сердца с помощью ЭКГ и ее первой производной [1,2,5,6,7,8]. В процессе тренировок происходит ремоделирование миокарда и увеличение его массы. Эти процессы изменяют трансмембранный потенциал и в нормальных условиях обеспечивают оптимальный баланс между ростом структур кардиомиоцитов и их энергообеспечением. Последовательность событий, развивающихся при электрическом ремоделировании сердца, включает несколько стадий [3].

Первая стадия модификации скорости электровозбудительного процесса характеризуется только изменением скоростных параметров ЭАС, снижением или увеличением величины скорости, увеличением ее гетерогенности, изменением соотношения де- и реполяризации. Изменение скоростных характеристик ЭАС запускает механизм электромагнитных и биоэлектрических реакций в кардиомиоцитах (процесс сопряжения). Структурные изменения миокарда (его масса, геометрия), как правило, в этот период являются незначительными.

Вторая стадия электрического ремоделирования, стадия адаптации, происходит в условиях продолжающегося воздействия стрессорного фактора (интенсивная физическая нагрузка, метаболические сдвиги и др.), структурные изменения миокарда становятся более выраженными (изменение массы и геометрии сердца). Изменения, происходящие в кардиомиоцитах, отражая резистивную или толерантную стратегию адаптации, направлены на накопление энергии, поддержание оптимального уровня функциональной активности миокарда.

В практике эти изменения могут быть выявлены по данным ЭКГ (изменение ритма и проводимости сердца, увеличение амплитуды зубца R, изменение сегмента ST, зубца T), эхокардиографии (увеличение индекса массы миокарда без нарушений функции миокарда). В физиологических условиях в этот период происходит повышение скоростных показателей электрической активности сердца.

В третьей стадии электрического ремоделирования развивается электрическая нестабильность миокарда, происходит электрический провал клетки, что проявляется снижением трансмембранного потенциала покоя кардиомиоцита. В клинике эти изменения можно определить по данным ЭКГ и ее первой производной – резкое снижение величины САЖ сердца. По данным ЭКГ могут выявляться изменения, не связанные с тренировочным процессом, а по результатам эхокардиографии структурные изменения миокарда могут сопровождаться функциональными расстройствами. Выявляемые изменения ЭАС в эту стадию могут отражать развитие стадии дезадаптации.

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. Внедрение в спортивную кардиологию метода оценки величины скорости активации желудочков сердца в различные возрастные периоды жизни, на различных стадиях тренировочно-соревновательного процесса позволит своевременно оценить у спортсменов функциональное состояние миокарда, его адаптационные возможности, а так же выявить группы риска по сердечно-сосудистой патологии.

Список литературы

1. Быков Е.В. Сравнительная характеристика изменений гемодинамики действующих и завершивших выступления спортсменов : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е.В. Быков. – Челябинск, 1996. – 24 с.

2. 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.
3. 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.
4. Волкова Э.Г. Изучение скорости процесса деполяризации желудочков сердца у больных сочетанными и изолированными формами ишемической болезни сердца и гипертонической болезни : дис. ... канд. мед. наук / Э.Г. Волкова. – Челябинск, 1976. – 142 с.
5. 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. – 339 с.
6. Волкова Э.Г. Ранняя диагностика и прогнозирование ишемической болезни сердца : пособие для врачей / Э.Г. Волкова. – Челябинск, 2003. – 32 с.
7. Дегтярева Е.А. Сердце и спорт у детей и подростков: проблемы «взаимодействия» / Е.А. Дегтярева. – Москва, 2011. – 228 с.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Левашова О.А. Неинвазивная диагностика функционального состояния миокарда у детей-спортсменов на основе анализа скоростных характеристик электрической активности сердца / О.А. Левашова, С.Ю. Левашов // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2016. – №4 (12). – С. 26-34.
12. Маколкин В.И. Изменения первой производной ЭКГ при ишемической болезни сердца / В.И. Маколкин, О.Р. Носова // Кардиология. – 2009. – №1. -С.14-18.
13. Саркисов Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций / Д.С. Саркисов. – М.: Медицина, 1987. – 446 с.
14. Cardiac screening before participation in sports. N. Engl. J. Med. 2013;369:2049–53.
15. Corrado D., Pelliccia A., Heidbuchel H., Sharma S., Link M, Basso C. et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. Eur Heart J 2010;31:243–59.
16. Maron B.J., Thompson P.D., Puffer J.C., McGrew C.A., Strong W.B., Douglas P.S. et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Clinical Cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. Circulation 1996;94:850–6.
17. Uberoi A., Stein R., Perez M.V., Freeman J., Wheeler M., Dewey F. et al. Interpretation of the electrocardiogram of young athletes. Circulation 2011;124:746–57.
18. Drezner J.A., Ackerman M.J., Anderson J., Ashley E., Asplund C.A., Baggish A.L. et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the Seattle Criteria'. Br J Sports Med 2013;47:122–4.).

References

1. Bykov E.V. Sravnitel'naya kharakteristika izmenenii gemodinamiki deistvuyushchikh i zavershivshikh vystupleniya sportsmenov. [Comparative characteristics of changes in the hemodynamics of athletes who have finished and finished their performances. Ph. D. (Medical) Thesis]. Chelyabinsk, 1996. 24 s.
2. Bykov E.V. Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova [Russian Journal of Physiology. I.M. Sechenov]. 2004. T. 90. № 6. pp. 130-137.
3. Bykov E.V. Otsenka kharaktea vegetativnoi regulyatsii vo vzaimosvyazi s urovnem somaticheskogo zdorov'ya u yunyh sportsmenov—kon'kobezhcev 13–15 let [Evaluation of the nature of vegetative regulation in relation to the level of somatic health in young athletes, skaters of 13-15 years]. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. 2008. № 8. pp. 45-51.
4. Volkova E.G. Izuchenie skorosti protsessa depolyarizatsii zheludochkov serdtsa u bol'nykh sochetannymi i izolirovannymi formami ishemicheskoi bolezni serdtsa i gipertonicheskoi bolezni [The study of the rate of depolarization of the ventricles of the heart in patients with combined and isolated forms of coronary heart disease and hypertension Ph. D. (Medical) diss.]. Chelyabinsk, 1976. 142 s.
5. Volkova E.G. Kliniko-funktsional'nye vzaimosvyazi i prognosticheskoe znachenie skorostnykh determinant elektricheskoi aktivnosti serdtsa u zdorovykh, bol'nykh arterial'noi gipertoniei i ishemicheskoi boleznyu serdtsa. Populyatsionnoe, klinicheskoe i eksperimental'noe issledovanie [Clinico-functional relationships and prognostic value of high-speed determinants of electrical activity of the heart in healthy patients with arterial hypertension and ischemic heart disease. Population, clinical and experimental research. Dr. Sci. (Medical) diss.]. Chelyabinsk, 1990. 339 s.
6. Volkova E.G. Rannaya diagnostika i prognozirovanie ishemicheskoi bolezni serdtsa : posobie dlya vrachei [Early diagnosis and prognosis of coronary heart disease: a manual for doctors]. Chelyabinsk, 2003. 32 s.
7. Degtyareva E.A. Serdtse i sport u detei i podrostkov: problemy «vzaimodeistviya» [Heart and sport in children and adolescents: the problems of "interaction"]. Moscow., 2011. 228 s.
8. Levashov S.Yu. Osobnosti vzaimosvyazi «traditsionnykh» faktorov riska i pervoi proizvodnoi EKG v razvitii koronarnogo ateroskleroza, pervichnogo infarkta miokarda i prognozirovaniya iskhodov stabil'noi stenokardii (kliniko-epidemiologicheskoe i eksperimental'noe issledovanie). [Features of the relationship between "traditional" risk factors and the first ECG derivative in the development of coronary atherosclerosis, primary myocardial infarction and predicting the outcome of stable angina pectoris (clinical epidemiological and experimental study). Dr. Sci. (Medical) diss.]. UGMADO. Chelyabinsk, 2009. 259 s.
9. Levashova O.A. Obshchie zakonomernosti izmeneniya skorostnykh pokazatelei elektricheskoi aktivnosti serdtsa u detei [General patterns of changes in the rate of electrical activity of the heart in children. Ph. D. (Medical) diss.]. O.A. Levashova ; UGMADO. Chelyabinsk, 2001. 143 s.
10. Levashova O.A. E.G. Volkova, S.Yu. Levashov. Sposob rannei neinvasivnoi diagnostiki funktsional'nogo sostoyaniya miokarda i ego adaptatsionnoi sposobnosti u detei (patent) [Volkova, S.Yu. Levashov. The method of early noninvasive diagnosis of the functional state of the myocardium and its adaptive ability in children (patent)]. Patent. 2162656, Rossiiskaya Federatsiya, MPK 7 A 61 V 5/0402. № 98113679/14 (014860); 10.02.2001.
11. Levashova O.A., Levashov S.Yu. Neinvasivnaya diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya miokarda u detei-sportsmenov na osnove analiza skorostnykh kharakteristik elektricheskoi aktivnosti serdtsa [Noninvasive diagnosis of the functional state of the myocardium in children-athletes on the basis of the analysis of the speed characteristics of the electrical activity of the heart]. Nauchno-sportivnyi vestnik Urala i Sibiri [Scientific and Sports Herald of the Urals and Siberia]. 2016. №4 (12). pp. 26-34.

12. Makolkin V.I., Nosova O.R. *Izmeneniya pervoi proizvodnoi EKG pri ishemicheskoi bolezni serdtsa* [Changes in the first derivative of ECG in ischemic heart disease]. *Kardiologiya* [Cardiology]. 2009. №1. pp.14-18.

13. Sarkisov D.S. *Strukturnye osnovy adaptatsii i kompensatsii narushennykh funktsii* [Structural basis of adaptation and compensation of impaired functions]. Moscow. Meditsina, 1987. 446 s.

14. Cardiac screening before participation in sports. *N. Engl. J. Med.* 2013;369:2049–53.

15. Corrado D., Pelliccia A., Heidbuchel H., Sharma S., Link M, Basso C. et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J* 2010;31:243–59.

16. Maron B.J., Thompson P.D., Puffer J.C., McGrew C.A., Strong W.B., Douglas P.S. et al. Cardiovascular preparticipation screening of competitive athletes: a statement for health professionals from the Sudden Death Committee (Clinical Cardiology) and Congenital Cardiac Defects Committee (Cardiovascular Disease in the Young), American Heart Association. *Circulation* 1996;94:850–6.

17. Uberoi A., Stein R., Perez M.V., Freeman J., Wheeler M., Dewey F. et al. Interpretation of the electrocardiogram of young athletes. *Circulation* 2011;124:746–57.

18. Drezner J.A., Ackerman M.J., Anderson J., Ashley E., Asplund C.A., Baggish A.L. et al. Electrocardiographic interpretation in athletes: the Seattle Criteria'. *Br J Sports Med* 2013;47:122–4.).