

УДК 612.172/.176.4-073.97

ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ РЕПОЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТАЛОННОГО КАРДИОЦИКЛА

Минина Е. Н., Курбетдинова З. Р., Тимашов И. Ю.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: minina.cfu.@yandex.ru*

Было проведено обследование 40 юных спортсменов 14–15 лет с различной направленностью двигательной активности. В первую группу вошли 20 борцов, вторую составили 20 футболистов. Выявлено, что уровень МПК футболистов на 6 млмин/кг ($p < 0,05$) больше, чем у борцов, что свидетельствовало о более оптимальных процессах газообмена и больших аэробных возможностях организма футболистов, вероятно обусловленных особенностями их тренировочного процесса. Динамика параметров, характеризующих процессы реполяризации (QTс и) при увеличении мощности выполняемой физической нагрузки у спортсменов различной направленности двигательной активности значительно различалась.

В восстановительном периоде в этой группе не произошло возвращение QTс к исходному состоянию, что возможно являлось свидетельством скрытой дизадаптации при перетренированности или кардиальной дисфункции, требующей дополнительного углублённого обследования. Показатель при выполнении второй ступени нагрузочного тестирования мощностью 200 Вт у борцов превышал показатели футболистов в среднем на 16,3 % ($p < 0,01$). В восстановительном периоде значения этого показателя не различались.

Использование QTс и эталонного кардиоцикла показали свою информативность и возможность использования этих параметров в дифференцированной диагностике регуляторных особенностей как центральной регуляции так и саморегуляции миокарда, в том числе и скрытых дисфункциональных нарушений электрогенеза миокарда.

Ключевые слова: электрокардиография, «Фазаграф®», эталонный кардиоцикл, реполяризация, различная направленность двигательной активности

ВВЕДЕНИЕ

Изучение особенностей адаптации детей и подростков к двигательной деятельности чрезвычайно важно, поскольку на этом этапе развития изменяются функциональные основы всех физиологических систем организма [1]. Известно, что скорость возрастных морфофункциональных перестроек не всегда соответствуют структуре и характеру тренировочных и соревновательных нагрузок. Несоответствие ритмов этих процессов может приводить к возникновению функционального перенапряжения, изменению уровня здоровья [2]. При этом важно отметить, что специфика двигательной активности является одним из факторов, определяющих формирование адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы. Выявление информативных маркеров физиологических лимитов приспособительных реакций, позволяющих при скрининг-исследованиях

определять группы риска срыва адаптации приобретает важное теоретическое и практическое значение для физиологии спорта при подборе индивидуального объёма физической нагрузки с целью достижения состояния высокой тренированности и минимизации физиологической цены адаптации [3].

Как известно, при обследовании занимающихся спортом нарушение процессов реполяризации, напрямую связанные с сократительной функцией миокарда, выражаются в изменении длительности интервала QT и его производных, а также увеличении симметрии зубца T (β_T), что имеет большое прогностическое значение. [4]. Так динамика интервала QT при увеличении мощности выполняемой физической нагрузки, являясь критерием адекватности электрической систолы в процессе адаптации, отражает как возможные варианты врождённой патологии, связанные с мутацией генов, кодирующих ионные каналы кардиомиоцитов [5, 6], так и особенности метаболических процессов в миокарде, обусловленные напряжённой спортивной деятельностью. Реакция интервала QT и его производных на физическую нагрузку изучалась многими авторами [7, 8]. Однако четких алгоритмов оценки и нормативных критериев этих показателей на дозированную физическую нагрузку, в том числе у спортсменов, до настоящего времени нет. Так же известно, что форма зубца T зависит от длительности и величины трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда, а увеличение симметрии T свидетельствует об увеличении как регионарной так и трансмуральной электрической неоднородности миокарда, при его повреждении различной этиологии [9, 10].

Своевременный анализ качества процесса реполяризации в условиях снижения возрастного ценза, интенсивных физических и психических нагрузок в спорте высших достижений может решать стоящую перед спортивной наукой задачу сохранения здоровья юных спортсменов. Особую актуальность приобретает разработка доступных, неинвазивных и информативных методов экспресс-диагностики дисфункциональных состояний юных спортсменов, здоровье которых и его своевременная коррекция является приоритетным направлением спортивной физиологии и медицины [11]. Использование новых диагностических технологий, основанных на достижениях математической науки и реализованных в технически-инновационных приборах, которые позволяют совместить точность и быстроту измерений, повысить эффективность исследований и реабилитационного процесса. Современные компьютерные технологии регистрации и анализа ЭКГ в этом отношении являются перспективными. На протяжении ряда лет в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем (МНУЦ ИТИС) НАН и МОН Украины разрабатывается оригинальная технология регистрации и обработки ЭКГ на фазовой плоскости координат с формированием *эталонного кардиоцикла* (ЭК), которая реализована в проработанно-техническом комплексе ««Фазаграф®». Этот метод позволяет одновременно оценивать как амплитудные, так и скоростные параметры любых элементов электрокардиосигнала, что дает возможность с высокой точностью оценивать форму электрокардиограммы и обнаруживать такие отклонения, которые обычно скрыты при традиционном анализе ЭКГ.

Цель исследования – определение возможности дифференцировать особенности процессов реполяризации у юных спортсменов с различной направленностью тренировочной деятельности с использованием параметров эталонного кардиоцикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было проведено обследование 40 юных спортсменов 14–15 лет с различной направленностью двигательной активности. В первую группу вошли 20 борцов, вторую составили 20 футболистов. Исследование проводилось на базе Крымского высшего училища олимпийского резерва «Краснолесье». Отбор спортсменов осуществлялся на основании отсутствия: соматических заболеваний по результатам диспансеризации, острых инфекционных заболеваний в течение 3 недель до исследования, жалоб на момент исследования, патологических изменений на ЭКГ покоя. У всех обследуемых были нормальные массо-ростовые показатели, гармоничное или умеренно дисгармоничное физическое развитие.

Протокол исследований соответствовал стандартам надлежащей клинической практики (GCP), принципам Хельсинкской Декларации и Этическими комитетами всех участвующих организаций. До включения в исследование у всех участников и их представителей было получено письменное согласие.

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве проводили с помощью программно-технического комплекса «Фазаграф®», в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов [12] и построением *эталонного кардиоцикла* (ЭК) (рис. 1).

Определяли оригинальный диагностический признак β_T (ед.), который характеризует показатель симметрии зубца T усредненной фазовой траектории. Корректированный интервал QTc автоматически рассчитывался по формуле Базетта. Кроме того анализировали параметры variability сердечного ритма: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индекс напряжения по А. Р. Баевскому (ИН, ед.), вклад низкочастотной составляющей $\nu=0.04–0.15$ Гц (LFn, %); вклад высокочастотной составляющей $\nu=0.15–0.4$ Гц (HFn, %), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF, ед), Уровень работоспособности определяли по индексу PWC_{170} с последующим расчетом показателей аэробных возможностей организма (МПК, л/мин, МПК/кг, мл/мин/кг).

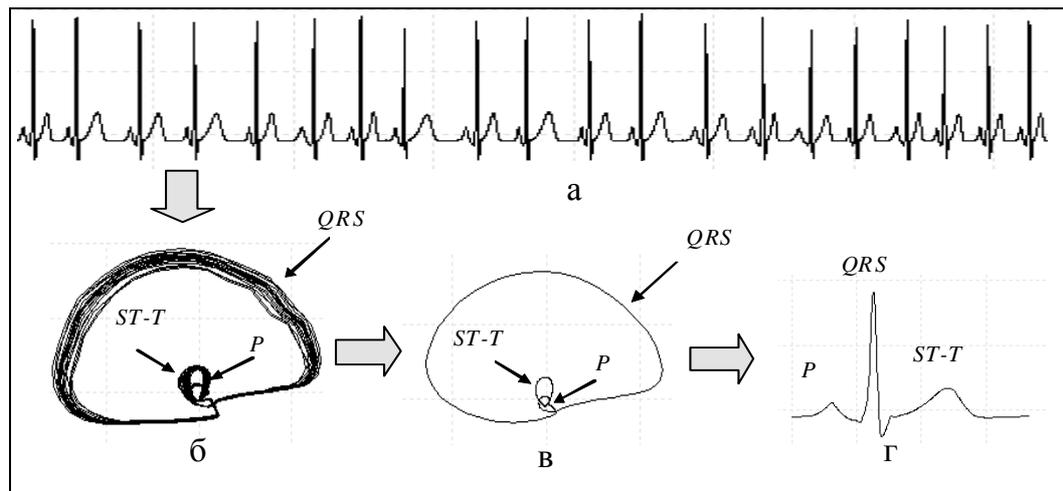


Рис. 1. Последовательность этапов обработки ЭКГ: исходная ЭКГ (а); ее фазовая траектория (б); усредненная фазовая траектория (в); эталонный цикл ЭКГ во временной области (г)

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Оценки расхождения распределений признаков проводились с помощью критерия согласия Колмогорова–Смирнова. Достоверность различий между одноименными показателями в независимых выборках оценивали с помощью непараметрического U-критерия Mann–Whitney. При условии нормального распределения применяли параметрический t-критерий Стьюдента. Для проведения корреляционного анализа применяли критерий ранговой корреляции Spearman.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интегральным показателем адаптационных резервов организма, его энергетического потенциала является максимальная скорость потребления кислорода (МПК), имеющая свои особенности у спортсменов с разной направленностью двигательной активности. Было выявлено, что уровень МПК футболистов достигая средних значений $49,2 \pm 1,2$ млмин/кг, на 6 млмин/кг ($p < 0,05$) превышали значения спортсменов-борцов, что свидетельствовало о более оптимальных процессах газообмена и больших аэробных возможностях организма футболистов, вероятно обусловленных особенностями их тренировочного процесса. При этом динамика изучаемых параметров, характеризующих процессы реполяризации (QT_c и β_T), при увеличении мощности выполняемой физической нагрузки у спортсменов различной направленности двигательной активности и аэробной производительности так же значительно различалась. Ранее было выявлено, что высокая степень отрицательной корреляции показателя β_T и МПК подтверждала значимость этого показателя как маркера кардиометаболических

процессов, отражающихся на процессах электрической стабильности миокарда [13]. Так, у спортсменов-футболистов с уменьшением симметрии зубца Т в покое МПК проявляло тенденцию к росту. Как видно из таблицы 1, показатель β_T при выполнении второй ступени нагрузочного тестирования мощностью 200 Вт у борцов превышал показатели футболистов в среднем на 16,3 % ($p < 0,01$), что отражало более низкую пороговую способность миокарда спортсменов-борцов потреблять кислород относительно футболистов. В восстановительном периоде значения этого показателя в обеих группах не различались.

Таблица 1
Показатели вариабельности сердечного ритма и симметрии зубца Т в группах борцов и футболистов при различных условиях ($\bar{x} \pm S_x$), n=40

Условия	Группы	Показатели			
		ЧСС, уд/мин	β_T , ед	ИН, ед	LF/HF, ед
покой	борцы	79,1±2,0	0,75±0,04	78,7±13,2	2,5±0,4
	футболисты	77,2±1,9	0,65±0,03**	86,7±12,1	1,7±0,5*
100 Вт	борцы	121,3±2,5	0,92±0,03	186,7±19,6	2,7±0,5
	футболисты	114,7±2,3	0,90±0,03	154,5±16,5	2,8±0,4
200 Вт	борцы	167,7±4,5	1,21±0,03	386,1±65,2	3,7±0,5
	футболисты	160,1±3,2	1,04±0,05**	192,5±28,9**	2,2±0,5**
РВП 3 мин	борцы	100,4±1,5	0,80±0,03	708,4±34,5	4,1±1,1
	футболисты	98,1±2,2	0,79±0,03	302,5±44,2***	2,7±0,5**
РВП 5 мин	борцы	80,2±1,5	0,73±0,05	455,6±19,8	3,1±0,7
	футболисты	81,1±1,7	0,71±0,02	155,2±5,9***	2,1±0,8*

Примечание: РВП – ранний восстановительный период; достоверность межгрупповых различий * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Как известно, абсолютная продолжительность интервала QT у спортсменов вследствие брадикардии, формирования «рабочей» гипертрофии миокарда и в результате замедленной реполяризации выше, что обосновывает подсчет в таких группах лиц скорректированного интервала QT. Значения QTс в обеих обследованных группах в покое не различались и находились в пределах физиологической нормы (свыше 0,460 с не выявлено ни у одного спортсмена). Динамика этого показателя в обеих группах спортсменов при различных условиях отображена на рис. 1.

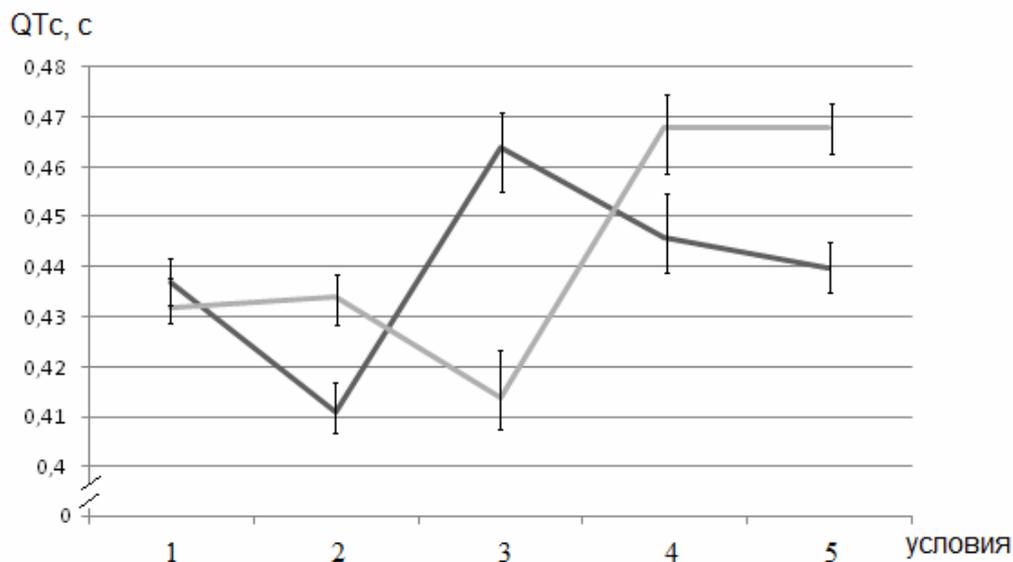


Рис.1. Динамика QTc в группах борцов (тёмная линия) и футболистов (светлая линия) при различных условиях.

Примечание: Условия: 1 – покой; 2 – 100 Вт; 3 – 200 Вт; 4 – 3 минута восстановительного периода; 5 – 5 минута восстановительного периода

Как видно из рисунка 1, у футболистов при выполнении первой нагрузки мощностью 100 Вт при росте ЧСС на 40,5 % ($p < 0,001$) (табл. 1) QTc оставался стабильным, что отражало независимое от ЧСС удлинение электрической систолы у спортсменов-футболистов, с большими аэробными возможностями. На пике нагрузки 200 Вт было отмечено укорочение этого показателя относительно состояния покоя в среднем на 7,1 % ($p < 0,05$). В восстановительном периоде не произошло возвращение этого показателя к исходному состоянию, что возможно являлось свидетельством скрытой дизадаптации при перетренированности, что является маркером и кардиальной дисфункции, требующей дополнительного углублённого обследования с целью дальнейшей коррекции. В группе борцов укорочение QTc было зафиксировано на первой нагрузке 100 Вт в среднем на 6,5 % ($p < 0,01$), а на второй нагрузке наблюдалось удлинение QTc до значений $0,464 \pm 0,019$ с с восстановлением к исходным значениям к 5 минуте.

Однако важно отметить, что у борцов стабилизация процессов реполяризации миокарда протекал на фоне напряжения регуляторных механизмов по показателю ИН, возросшему на порядок ($p < 0,001$), что отражало преобладание центральных симпатических влияний. Высокая степень корреляции показателя симметрии зубца Т и ИН в обеих группах ($r = 0,56$ ($p < 0,01$) и $r = 0,61$ ($p < 0,05$)), и отсутствие взаимосвязи QTc – ИН свидетельствовало о включении различных контуров управления механизмами реполяризации в процессе адаптации к физической нагрузке.

Таким образом, использование QTc и β_T эталонного кардиоцикла показали свою информативность и возможность использования этих параметров в дифференцированной диагностике регуляторных особенностей как центральной регуляции так и саморегуляции миокарда, в том числе и скрытых дисфункциональных нарушений электрогенеза сердечной мышцы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уровень МПК футболистов, достигая средних значений $49,2 \pm 1,2$ млмин/кг, на 6 млмин/кг ($p < 0,05$) превышали значения спортсменов-борцов.
2. β_T при выполнении второй ступени нагрузочного тестирования мощностью 200 Вт у борцов превышал показатели футболистов в среднем на $16,3$ % ($p < 0,01$). В восстановительном периоде значения этого показателя в обеих группах не различались.
3. Значения QTc в обеих обследованных группах в покое не различались и находились в пределах физиологической нормы (свыше $0,460$ с не выявлено ни у одного спортсмена).
4. У футболистов при выполнении первой нагрузки мощностью 100 Вт при росте ЧСС на $40,5$ % ($p < 0,001$) QTc оставался стабильным, что отражало независимое от ЧСС удлинение электрической систолы у спортсменов-футболистов, с большими аэробными возможностями. На пике нагрузки 200 Вт было отмечено укорочение этого показателя относительно состояния покоя в среднем на $7,1$ % ($p < 0,05$).
5. В группе футболистов в восстановительном периоде не произошло возвращение этого показателя к исходному состоянию, что, возможно, являлось свидетельством скрытой дизадаптации при перетренированности.
6. В группе борцов укорочение QTc было зафиксировано на первой нагрузке 100 Вт в среднем на $6,5$ % ($p < 0,01$), а на второй нагрузке наблюдалось удлинение QTc до значений $0,464 \pm 0,019$ с с восстановлением к исходным значениям к 5 минуте.
7. Высокая степень корреляции показателя симметрии зубца T и ИН в обеих группах ($r = 0,56$ ($p < 0,01$) и $r = 0,61$ ($p < 0,05$)), и отсутствие взаимосвязи QTc – ИН свидетельствовало о включении различных контуров управления механизмами реполяризации в процессе адаптации к физической нагрузке.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье. / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) : практическое руководство : в 2 т. Т. 1 / под ред. А. А. Баранова, Л. А. Щеплягиной. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 432 с.
3. Абзалов Н. И. Резервы насосной функции сердца развивающегося организма при гипо- и гиперкинезии / Абзалов Н. И., Абзалов Р. А., Нигматуллина Р. Р. – Монография, Казань: К(П)ФУ, 2015. – 116 с.

4. Ryerson L. M. QT intervals in metabolic dilated cardiomyopathy. / L. M. Ryerson, R. M. Giuffre // *Can J Cardiol* – 2006. – Vol. 22. – P. 217–220.
5. Utility of Treadmill Testing in Identification and Genotype Prediction in Long-QT Syndrome / Wong J. A., Gula L. J., Klein G. J. [et al]. // *Circ Arrhythm Electrophysiol* – 2010. – Vol. 3 – P. 120–125.
6. Makarov L. The QT interval and QT dynamicity during Holter monitoring in children and adolescents. Turkish / L. Makarov // *J Arrhythm, Pacing Electrophysiol* – 2010. – Vol. 8. – P. 7–14.
7. QT Variability during Rest and Exercise in Patients with Implantable Cardioverter Defibrillators and Healthy Controls. / Haigney M. C., Kop W. J., Alam Shama [et al]. // *Ann Noninvasive Electrocardiol* – 2009. – 14. – P. 40–49.
8. Napolitano C. Long QT syndrome and short QT syndrome: how to make correct diagnosis and what about eligibility for sports activity / C. Napolitano, R. Bloise, S. G. Priori // *J Cardio v Med.* – 2006. – Vol. 7. – P. 250–256.
9. Минина Е. Н. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функциональных резервов сердечно-сосудистой системы / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2014. – Т. 21-3. – С. 22–27.
10. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда. / Е. Н. Минина // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского.* – 2013 – Т. 26 (65), № 2. – С. 148–153.
11. Interpretation of the Electrocardiogram of Young Athletes / A. Uberoi, R. Stein, M. V. Perez [et al]. // *Circulation.* – 2011 Aug 9. – Vol. 124 (6). – P. 746–757.
12. Файнзильберг Л. С. ФАЗАГРАФ® – эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца. / Л. С. Файнзильберг // *Клиническая информатика и телемедицина.* – 2010. – Vol. 6-7. – P. 22–30.
13. Минина Е. Н. Новый подход в изучении взаимосвязи функциональной подготовленности и электрогенеза у спортсменов с использованием эталонного кардиоцикла / Е. Н. Минина // *Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал.* – 2014. – Т. 8, № 1. – С. 1–5.

THE POSSIBILITY OF ASSESSING REPOLARIZATION OF THE MYOCARDIUM USING THE REFERENCE CARDIAC CYCLE

Minina E. N., Kurbetdinova Z. R., Timashov I. Yu.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: minina.cfu.@yandex.ru*

Studying of peculiarities of children and teenagers adaptation to moving activity is extremely important, because on this stage of development functional bases of all physiological systems of organism change. The specific of moving activity is one of the factors, determining the forming of adaptation reserves of cardiovascular system. Revelation of informative markers of adaptive reactions' physiological limits, allowing to determine using screening researches the groups of risk of adaptation frustration has got a very important theoretical and practical meaning for sport physiology during assortment of individual physical activity volume with the aim of achieving high level of physical training and minimization of physical adaptation cost. Investigation of training people violation of repolarization processes that are directly connected with retractive cardiac muscle function, are expressed in QT interval length change and its derivatives, and also in increasing of T jag symmetry (β_T), that has big prognostic meaning.

40 young sportsmen at the age of 14–15 years with different direction of moving activity. First group had 20 wrestlers and second had 20 footballers. It was discovered that level of MPK footballers is 6 mlmin/kg ($p<0,05$) higher than wrestlers' level, that testifies more optimum respiratory metabolism and big aerobic possibilities of footballers organism, caused by peculiarities of their training process. Dynamic of parameters, characterizing processes of repolarization (QT and β_T) during increasing of physical exercise rating among sportsmen of different moving activity directions differed very much.

QT in both investigated groups during rest was in frames of physiological norm. Footballers during first exercise of power 100 Wt with increase of CR on 40,5 % ($p<0,001$) QT remained stable, that reflected independent from CR growing of electric systole of sportsmen footballers with big aerobic capabilities. On the peak of 200 watt loading it was noted that index reduced for 7,1 % ($p<0,05$). During the period of rehabilitation the group didn't faced QT to the previous level, that was prove of hidden disadaptation while overtraining or cardiac disfunction of cardiac disfunction, that requires additional deep investigation. Wrestlers showed restricted QT during first exercise of 100 watt for 6,5 % ($p<0,01$), during second exercise it was fixed that QT became longer $0,464\pm 0,019$ with rehabilitation of primary values till 5th minute.

Index β_T during second level of charging testing of 200 watt loading among wrestlers exceeded the same indexes among footballers on average 16,3 % ($p<0,01$). In the period of rehabilitation the values of these indexes were the same. Among wrestlers the stabilization of repolarization processes of cardiac muscle ran against a background of regulatory mechanisms' tension according to IN index, that increased ($p<0,001$), that reflected predominance of central sympathetic influences. High level of correlation of symmetry index between jag T and IN in both groups ($r=0,56$ ($p<0,01$) and $r=0,61$ ($p<0,05$)), and absence of interrelation QT – ИИ showed an action of different control contours of repolarization mechanisms during the process of adaptation to physical training.

Using QT and β_T of sample cardiocycle showed their informativity and possibility usage of these parameters in varied diagnostics of regulatory peculiarities as central regulation as well as cardiac muscle self-regulation, also hidden dysfunctional violation of cardiac muscle electrogenesis.

Keywords: electrocardiography, "Fazagraf®", reference CardioChek, repolarization, different orientation of motor activity.

References

1. Agadzhanjan N. A., Baevskij P. M., Berseneva A. P. *Problems of adaptation and learning about health*. 284 p. (M.: Publishing House of the Peoples' Friendship University. 2006) (Russian)
2. *Physiology of growth and development of children and adolescents (theoretical and clinical issues): a practical guide*: 2 t. T. 1 / Ed. Baranova A. A., Scheplyaginoy L. A., 432 p. (M.: GEOTAR Media. 2006) (Russian).
3. Abzalov N., Abzalov R. A., Nigmatullin R. R. *Reserves the pumping function of the heart of the developing organism with Hypo – and hyperkinesias*, Monograph. 116 p. (Kazan: the Kazan (Volga region) Federal University, 2015). (Erzia).

4. Ryerson L. M., Giuffre R. M. QT intervals in metabolic dilated cardiomyopathy. *Can J Cardiol*, **22**, 217 (2006).
5. Wong J. A., Gula L. J., Klein G. J. et al. Utility of Treadmill Testing in Identification and Genotype Prediction in Long-QT Syndrome *Circ Arrhythm Electrophysiol*, **3**, 120 (2010).
6. Makarov L. The QT interval and QT dynamicity during Holter monitoring in children and adolescents. *Turkish J Arrhythm, Pacing Electrophysiol*, **8**, 7 (2010).
7. Haigney M. C., Kop W. J., Alam Shama et al. QT Variability during Rest and Exercise in Patients with Implantable Cardioverter Defibrillators and Healthy Controls. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, **14**, 40 (2009).
8. Napolitano C., Bloise R., Priori S.G. Long QT syndrome and short QT syndrome: how to make correct diagnosis and what about eligibility for sports activity, *J Cardio v Med*, **7**, 250 (2006).
9. Minina E. N., Fainzilberg L. S. Phase portrait of single-channel ECG in the evaluation of the functional reserves of the cardiovascular system, *Bulletin of new medical technologies*, **21-3**, 22 (2014).
10. Minina E. N. Analysis of T wave of ECG in phase space in the definition of the functional reserves of the myocardium. *Scientific notes of Taurida national University named after V. I. Vernadsky*, **26(65)**, **2**, 148 (2013).
11. Uberoi A., Stein R., Perez M. V., Freeman J., Wheeler M Dewey F., Peidro R., Hadley D., Drezner J., Sharma S., Pelliccia A., Corrado D., Niebauer J., Estes IINA M., Ashley E., Froelicher V. Interpretation of the Electrocardiogram of Young Athletes, *Circulation*, **124 (6)**, 746 (2011).
12. Fainzilberg L. S. FASEGRAPH® – effective information technology processing ECG in the task of screening for coronary heart disease, *Clinical Informatics and telemedicine*, **6-7**, 22 (2010). (Russian)
13. Minina E. N. A new approach to study the relationship of functional training and electrogenesis in athletes with reference cardiac cycle, *Vestnik of new medical technologies. Electronic journal*, **8**, **1**, 1 (2014).