

УДК 612.172/.176.4-073.97

АНАЛИЗ ВОЛНЫ Т ЭКГ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ МИОКАРДА

Минина Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tnu-fr@rambler.ru*

Проведено исследование 70 здоровых лиц и проанализирован показатель симметрии зубца Т (β T) ЭКГ, зарегистрированной в первом отведении с помощью программно-технического комплекса «ФАЗАГРАФ®», реализующего инновационную технологию обработки и анализа ЭКГ на фазовой плоскости координат. Выявлена высокая чувствительность β T в определении диастолических соотношений и динамике ударного объема при физической нагрузке.

Ключевые слова: обработка и анализ ЭКГ на фазовой плоскости координат, симметрия зубца Т, физическая нагрузка, реография, диастолический индекс.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что сердечно-сосудистая система является чувствительным индикатором всех происходящих в организме процессов, а ее деятельность может рассматриваться как показатель адаптационных реакций [1]. При этом насосная функция сердца во многом определяет возможность организма адекватно адаптироваться при увеличении нагрузки различной природы, а структурно-функциональное состояние миокарда формирует его инотропную функцию в обеспечении сердечного выброса. Важное значение в этом процессе играет реполяризация желудочков, нарушение которой приводит к электрической неоднородности миокарда и падению сократительной способности, напряжению функционального состояния и снижению адаптационных возможностей [2]. Как известно именно форма волны Т зависит от длительности и величины трансмембранных потенциалов действия в различных зонах миокарда [3].

При отсутствии патологии сердца следует говорить о существовании определенного функционального резерва миокарда, который может быть мобилизован для реализации механического сокращения при предъявлении к сердцу дополнительных требований (например, при физической нагрузке) [4]. В случае же страдания сердечной мышцы этот резерв может быть затрачен на компенсацию нарушенной функции сердца, причем еще до появления признаков сердечной недостаточности.

Выявление сниженных функциональных резервов миокарда и их количественная оценка имеет важное диагностическое значение в своевременном предотвращении возникновения заболеваний сердца, при оптимальном дозировании

физических упражнений и определении эффективности реабилитационных мероприятий

С этой целью актуальным является 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, которая реализована в программно-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. Также было показано, что анализ формы волны Т в фазовом пространстве существенно повышает чувствительность и специфичность электрокардио-ографического обследования [5].

Целью данной работы явилось исследование возможности использования показателя симметрии волны Т (βT) для количественной оценки функциональных резервов миокарда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 70 человек (35 женщин и 35 мужчин) разного возраста и уровня тренированности. С помощью велоэргометра моделировали тренировочную нагрузку (75 % от максимального потребления кислорода (МПК)) в течение 30 минут. В продолжение нагрузочного теста исследовали параметры кардиогемодинамики с помощью метода импедансной реографии с использованием прибора Reo Com Standart. Анализировали ударный объем (УО, мл) и систолическую (A_c , мВ) и диастолическую (A_d , мВ) амплитуды. Вычисляли диастолический индекс (DI, ед.) по формуле $DI = A_d / A_c$. 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. Пальцевые электроды комплекса позволяют быстро фиксировать сигнал и не затрудняют нагрузочное тестирование. Сущность технологии анализа ЭКГ в фазовом пространстве состоит в том, что в каждой точке временного сигнала $x(t)$ числовым методом оценивают его первую производную dx/dt и всю последующую обработку осуществляют на фазовой плоскости в координатах $x(t)$ - dx/dt . Анализировали симметрию зубца Т (βT , ед).

Математическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы STATISTICA V.6.0. Для оценки достоверности отличий

использовали t-критерий Стьюдента. Корреляционный анализ проводили с использованием критерия Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе нашего исследования у исследуемых с различным уровнем физической подготовленности и тренированности с помощью велоэргометра «HausFit» была смоделирована тренировочная нагрузка аэробной направленности (75% МПК) длительностью 30 минут.

Количественно изменения напряжения миокарда определяли увеличением показателя βT . Как выявили наши исследования, динамика показателя симметрии волны Т при смоделированной нагрузке значительно отличались у тренированных и нетренированных исследуемых, а также у лиц различных возрастных групп. Так, показатель βT к концу нагрузочного теста относительно исходного состояния у спортсменов оставался стабильным, в молодом и среднем возрасте увеличился до 50,0 %, ($\leq 0,001$), а в старшей возрастной группе до 35 % ($\leq 0,05$) при исходно высоком его значении (Табл. 1).

Таблица 1

Показатели функционального напряжения миокарда в покое и при физической нагрузке, ($\bar{x} \pm Sx$), n=70

№	Показатели, условия и единицы измерения	Спортсмены 20-26 лет, (n=15)	Нетренированные		
			Возраст, лет		
			20-25, (n=25)	30-40, (n=20)	50-55, (n=10)
1	βT , ед покой	0,62±0,09	0,78±0,08*	0,79±0,09***	0,91±0,10***
2	βT , ед 75% МПК 15 мин	0,67±0,09	0,86±0,08**	1,01±0,09***	1,15±0,10***
3	βT , ед 75% МПК 30 мин	0,72±0,08	1,08±0,11***	1,19±0,10***	1,27±0,12***
	Достоверность p 1-2			$\leq 0,01$	
	Достоверность p 1-3		$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,05$

Примечание: βT – симметрия зубца Т; * - различия показателей достоверны по сравнению с тренированными ($p < 0,05$); ** - ($p < 0,01$); *** - ($p < 0,001$)

При этом частота сердечных сокращений (ЧСС) у спортсменов не превышала 110 ударов в минуту, отражая достаточные резервы инотропной функции миокарда в обеспечении физической работы в течение 30 минут. В группах нетренированных ЧСС находилась в пределах до 160 ударов в минуту. Такая нагрузка соответствовала аэробной направленности физической тренировки и являлась оптимальной.

На втором этапе для выявления механизмов увеличения функционального напряжения миокарда исследовали динамику ударного объема (УО) на протяжении нагрузочного тестирования. Как известно, в условиях умеренной нагрузки УО быстро возрастает за счет резервного объема (РО) крови. По мере утомления при увеличении общего объема нагрузки, возможность использования РО крови уменьшается, и прирост УО значительно замедляется. С дальнейшим возрастанием нагрузки, когда полностью исчерпан РО, УО прекращает увеличиваться. Если

нагрузка превышает индивидуальный уровень МПК, УО уменьшается за счет снижения эффективности наполнения сердца при большей ЧСС [6].

С целью анализа динамики УО была дополнительно обследована группа исследуемых из числа нетренированных в количестве 48 человек. В эту группу «риска» с проявлениями функционального напряжения миокарда вошли лица, показатель βT у которых к концу нагрузки достиг или превысил единицу.

Как видно из рисунка 1, к концу нагрузочного теста было выявлено падение УО, что свидетельствовало о снижении сократительной способности миокарда и сопровождалось ростом показателя симметрии зубца Т ($\leq 0,01$).

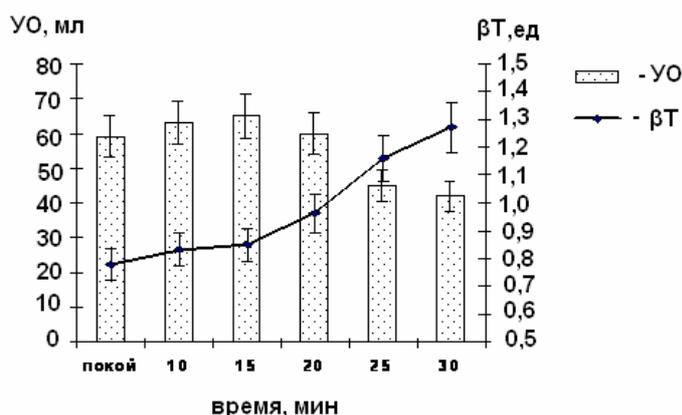


Рис. 1. Динамика показателей ударного объема и симметрии зубца Т в течение тренировочной нагрузки в дополнительной* группе

Примечание: * - группа, в которой показатель βT на 30 мин $> 1,0$

Таким образом, увеличение показателя βT выше 1,0 ед. свидетельствует о снижении возможности миокарда к сокращению, истощению его резервов при выполнении физической нагрузки.

Как известно, адаптационный потенциал миокарда обеспечивается оптимальными диастолическими соотношениями. При этом необходимо отметить, что диастолические маркеры точнее систолических отражают функциональное состояние миокарда и его резерв, а также надежнее других гемодинамических параметров могут быть использованы для оценки адаптационных возможностей [7]. Вероятно, биохимической основой нарушения диастолы можно считать энергодефицит, возникающий при ишемии. Доказано, что при постепенном нарушении энергообразования, расслабление изолированного сердца изменяется раньше, чем снижаются показатели систолической функции [8]. Именно поэтому изменения диастолических показателей считают наиболее ранними маркерами уязвимости миокарда и нарушения функционального состояния сердечной мышцы. Изменения показателей расслабления миокарда на ранних доклинических стадиях могут происходить при относительно стабильном процессе сокращения [9].

Нами была проанализирована динамика диастолического индекса (DI) в дополнительной группе с повышенным показателем волны Т, относительно

контрольной группы спортсменов. Были выявлены значительно низкие показатели DI как в покое, так и в течение нагрузочного теста в группе «риска» (рис. 2). При этом показатели старшей возрастной группы были достоверно меньшими относительно двух других групп ($\leq 0,05$; $\leq 0,01$).

В результате проведения корреляционного анализа была выявлена высокая степень взаимосвязи показателей DI и βT , ($r = -0,78$, $p < 0,05$). Данный факт свидетельствует о прогностическом значении показателя βT для определения диастолических взаимоотношений, отражающихся на функциональных резервах миокарда.

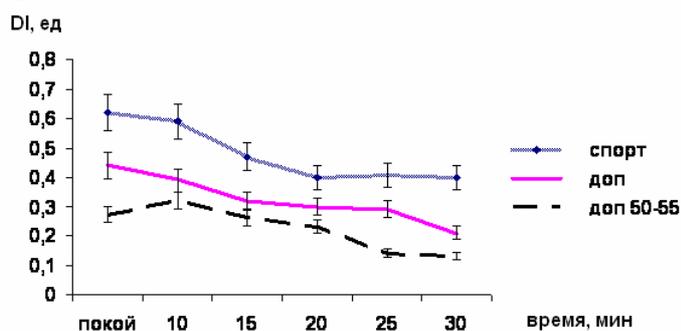


Рис.2. Динамика диастолического индекса (DI) в дополнительной группе и в группе спортсменов

Примечание: спорт-группа спортсменов; доп – дополнительная группа исследованных 19 – 40 лет, βT после нагрузки $> 1,0$; доп 50 – 55 – дополнительная группа исследованных 50 – 55 лет, βT после нагрузки > 1 ,

Таким образом, динамика показателя βT позволяет количественно проанализировать адекватность нагрузки в течение тренировочного процесса и оценить уровень функциональных резервов миокарда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Программно-технический комплекс «ФАЗАГРАФ®» позволяет совместить точность и быстроту измерений, повысить эффективность исследований и реабилитационного процесса.
2. Количественно изменения напряжения миокарда возможно определять увеличением показателя βT , степень которого отражает функциональные резервы кардиодинамики.
3. Показатель βT к концу нагрузочного теста относительно исходного состояния у спортсменов оставался стабильным, в молодом и среднем возрасте увеличился до 50,0 %, ($\leq 0,001$), а в старшей возрастной группе до 35 % ($\leq 0,05$) при исходно высоком его значении.
4. При увеличении общего объема физической нагрузки в группе нетренированных было выявлено падение УО, что свидетельствовало о снижении сократительной способности миокарда и сопровождалось ростом показателя симметрии зубца Т ($\leq 0,01$).

5. Была выявлена высокая степень взаимосвязи показателей DI и βT , ($r = -0,78$, $p < 0,05$), что свидетельствовало о прогностическом значении показателя βT для определения диастолических взаимоотношений, отражающихся на функциональных резервах миокарда.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с)
2. Халфен Э. Ш. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ / Э. Ш. Халфен, Л. С. Сулковская // Кардиология. – 1986. – № 6. – С. 60-62.
3. Гошка С.Л. Изменение амплитуды зубца Т и длительности интервала Tpeak-Tend на электрокардиограмме у человека при проведении пробы Вальсальвы / С. Л. Гошка, К. А. Седова, А. О. Овечкин, Я. Э. Азаров // Вестник Уральской медицинской академической науки – 2009. – №2 (25). – С. 321-322.
4. Комаров Ф.И. Начальная стадия сердечной недостаточности / Ф. И. Комаров, Л. И. Ольбинская -М. Медицина, 1978. – 37 с.
5. Файнзильберг Л. С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л. С. Файнзильберг. – К. Освита Украины, 2013. – 190 с.
6. Карпман В. Л. Исследование физической работоспособности у спортсменов / Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. – М.: ФиС, 1974. – 95 с.
7. Терещенко С. Н. Клинико-патогенетические и генетические аспекты хронической сердечной недостаточности и возможности медикаментозной коррекции: дисс. докт. мед. наук. / С. Н. Терещенко – М., 1998. – 281 с.
8. Агеев Ф. Т. Влияние современных медикаментозных средств на течение заболевания, качество жизни и прогноз больных с различными стадиями хронической сердечной недостаточности: дисс. докт. мед. наук. / Ф. Т. Агеев – М., 1997. – 241 с.
9. Никитин Н. П. Особенности диастолической дисфункции в процессе ремоделирования левого желудочка сердца при хронической сердечной недостаточности / Н. П. Никитин, А. Л. Аляви // Кардиология – 1998; №3 – С. 56-61.

Мініна О.М. Аналіз хвилі T ЕКГ у фазовому просторі у визначенні функціональних резервів міокарда / О.М. Мініна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 148-153.

Проведено дослідження 70 здорових осіб і проаналізовано показник симетрії зубця Т (βT) ЕКГ, зареєстрованої в першому відведенні за допомогою програмно-технічного комплексу «ФАЗАГРАФ®», реалізуючого інноваційну технологію обробки та аналізу ЕКГ на фазовій площині координат. Виявлена висока чутливість βT у визначенні діастолических співвідношень, що відбилися на динаміці ударного об'єму при фізичному навантаженні.

Ключові слова: обробка та аналіз ЕКГ на фазовій площині координат, симетрія зубця Т, фізичне навантаження, реографія, діастолічний індекс.

Minina E.N. ECG T wave analysis in the phase space in the determining the functional of reserves of myocardium / E.N. Minina // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2013. – Vol. 26 (65), No. 2. – P. 148-153.

A study of 70 healthy subjects and analyzed indicator of symmetry of the T wave (βT) ECG recorded in the first abduction by program-technical complex "FASEGRAPH®" that implements innovative technology to the processing and analysis of ECG in the phase plane coordinates. Revealing the high sensitivity βT in determining systolic diastolic ratio, which is reflected in the dynamics of stroke volume during exercise.

Keywords: processing and analysis of ECG in the phase plane coordinates, the symmetry of the T wave, exercise, rheography, diastolic index.

Поступила в редакцію 16.03.2013 г.