

Л.С. Файнзильберг

Оценка эффективности применения информационной технологии ФАЗАГРАФ® по данным независимых исследований

Дана краткая характеристика информационной технологии ФАЗАГРАФ®, предназначенная для интегральной оценки состояния сердечно-сосудистой системы по фазовому портрету электрокардиограммы. Проведен анализ результатов независимых исследований, подтверждающий ее эффективность при решении разных задач.

A brief description of information technology FASEGRAPH® designed for the integrated assessment of the cardiovascular system to the phase portrait of the electrocardiogram is given. The performed analysis of independent studies results confirms its effectiveness of solving the different problems.

Подано коротку характеристику інформаційної технології ФАЗАГРАФ®, призначену для інтегральної оцінки стану серцево-судинної системи за фазовим портретом електрокардіограми. Проведено аналіз результатів незалежних досліджень, що підтверджують її ефективність при вирішенні різних завдань.

Введение. Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины разработал информационную технологию (ИТ) ФАЗАГРАФ® для интегральной оценки состояния сердечно-сосудистой системы по фазовому портрету электрокардиограммы [1]. Программно-аппаратный комплекс с аналогичным названием позволяет автоматически вычислять традиционные и оригинальные показатели электрокардиограмм (ЭКГ) и variability сердечного ритма. Обобщенные результаты апробации, проводившиеся на этапе *разработки* комплекса и предшествовавшие организации его серийного производства, представлены в [2].

К настоящему времени появился ряд научных публикаций украинских и российских авторов [3–19], в которых описываются результаты использования ИТ ФАЗАГРАФ® при выполнении *независимых* исследований. Безусловно, исследования, в которых не участвовали разработчики технологии, позволяют более полно оценить ее эффективность и потребительские свойства.

Постановка задачи

Цель статьи – провести анализ доступных публикаций и обобщить накопленный к настоящему времени опыт применения ИТ ФАЗАГРАФ® в разных сферах.

Краткая характеристика комплекса ФАЗАГРАФ®

Комплекс состоит из портативного сенсора с пальцевыми электродами для регистрации ЭКГ первого стандартного отведения (рис. 1) и компьютерной программы, реализующей все стадии обработки ЭКГ в фазовом пространстве.

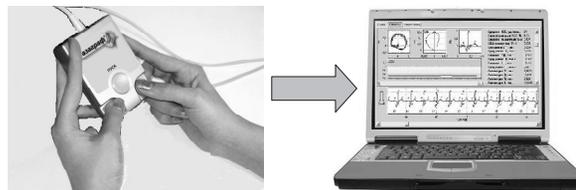


Рис. 1. Информационная технология ФАЗАГРАФ®

Комплекс реализует наукоемкую информационную технологию обработки сигналов сложной формы на основе цепочки компьютерных алгоритмов извлечения диагностической информации из реальных сигналов, искаженных внутренними и внешними возмущениями [2]. В то же время пользователь комплекса не должен знать математические сложности используемых алгоритмов: взаимодействие с комплексом доступно не только врачу, но и среднему медицинскому работнику и даже исследователю, не имеющему специального медицинского образования, которому в удобной форме предоставляются конечные результаты компьютерной обработки в виде развернутой текстовой и графической информации.

Отличительная особенность алгоритмов, реализованных в комплексе ФАЗАГРАФ® – автоматический анализ не только традиционных, но и *дополнительных* диагностических параметров ЭКГ в фазовом пространстве. В частности, с помощью этого устройства удалось с высокой точностью контролировать показатель β_T , характеризующий симметрию T-зубца ЭКГ, изменения которого почти незаметны при отображении ЭКГ во временной области (рис. 2).

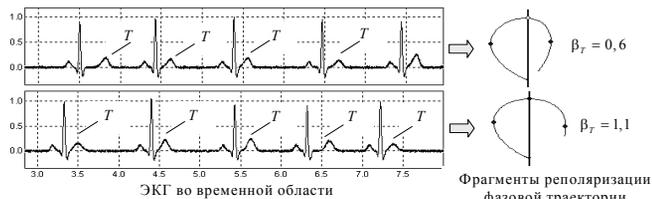


Рис. 2. ЭКГ с низким (вверху) и высоким (внизу) значениями показателя β_T

Хотя диагностическая ценность такого показателя давно уже обсуждалась в работах кардиологов, нам *неизвестны* другие цифровые электрокардиографы, позволяющие автоматически измерять β_T по реальным сигналам.

Комплекс предоставляет также другую информацию, которую можно получить при регистрации ЭКГ *одного* отведения (рис. 3), в частности, частоту сердечных сокращений (ЧСС), интервалы *PQ* и *QT*, ширину и глубину зубца *Q*, продолжительность комплекса *QRS*, смещение сегмента *S–T*, амплитуду зубца *T*, а также стандартные статистические и спектральные параметры variability сердечного ритма (всего 37 параметров). При обнаружении отклонений указанных параметров от нормы формируются соответствующие голосовые сообщения и выдается информация о возможных причинах таких отклонений.

ФАЗАГРАФ® позволяет проводить оценку функционального состояния не только в покое, но и под нагрузкой. С этой целью в комплексе реализованы программные модули управления физической нагрузкой (проба Руфье) и эмоциональной нагрузкой в виде компьютерных стресс-тестов, которые испытуемый должен выполнить в условиях дефицита времени.

Разумеется, регистрация ЭКГ только в одном отведении не может служить основой стандарт-

ного ЭКГ-заключения. В то же время, как будет показано далее, даже такая ограниченная информация оказывается полезной при выполнении различных исследований.

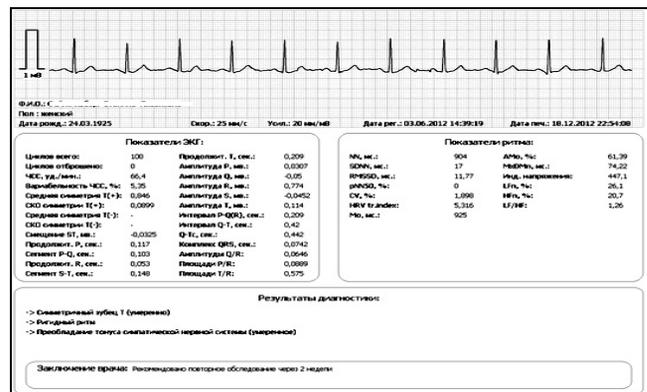


Рис. 3. Отчетный документ комплекса ФАЗАГРАФ®

Результаты независимых исследований с использованием ИТ ФАЗАГРАФ®

Автоматическое вычисление показателя β_T позволило изучить влияние шестимесячного приема *лекарственных препаратов* – ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента (ИАПФ) в процессе течения *острого инфаркта миокарда* и сопутствующей гипертонической болезни сердца у больных пожилого возраста. Результаты таких исследований, которые проводились в инфарктном отделении клинической больницы № 5 г. Киева с использованием комплекса ФАЗАГРАФ®, описаны в работе Батушкина В.В. [3].

Было обследовано 162 пациента с подтвержденным диагнозом острого инфаркта миокарда (*Q*-инфарктом) в возрасте 65–86 лет. Все пациенты были разделены на три группы:

- *группа 1* (57 человек), которым был назначен периндоприл в дозе 4–8 мг в сутки;
- *группа 2* (45 человек), которым был назначен каптоприл в дозе 75–150 мг в сутки;
- *группа 3* (60 пациентов), которым не назначали ИАПФ ввиду непереносимости или других причин (контрольная группа).

Уровень систолического артериального давления в группах был сопоставим и в среднем составлял $146 \pm 12,2$ мм рт.ст. Клинико-анамнестические и гендерные характеристики в группах также были сопоставимы.

Как видно из рис. 4, на котором представлены результаты шестимесячных исследований Батушкина В.В., при госпитализации пациенты имели высокую исходную степень симметрии зубца *T*: показатель β_T составлял соответственно в группах $\beta_T = 1,2$; $\beta_T = 1,12$ и $\beta_T = 1,07$, что свидетельствовало о закономерных нарушениях функционального состояния миокардиального кровообращения. В процессе шестимесячного лечения от момента начала острого инфаркта миокарда динамика изменений показателя β_T носила позитивный характер, причем уменьшение β_T зависело от приема назначенных препаратов. В частности, на 30-й день лечения периндоприлом значение β_T в группе 1 в сравнении с контрольной группой было достоверно меньшим ($p < 0,05$) на 15,2 процента.

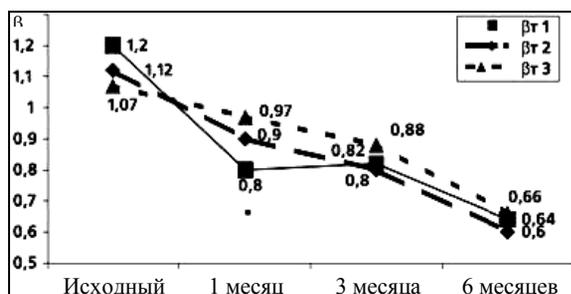


Рис. 4. Динамика изменения показателя β_T в процессе 6-месячного лечения [3]

Комплекс ФАЗАГРАФ® оказался также полезным при выполнении исследований Катеринчука И.П. и Борисенко Н.И. [4] при изучении особенностей variability ритма сердца и вегетативной функции у пациентов с *метаболическим синдромом*. Было обследовано 103 пациента, разделенных на три группы:

- группа 1 (20 человек) с диагнозом метаболический синдром (исследовательская группа);
- группа 2 (64 человека) включала пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы без признаков метаболического синдрома (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца (основная группа);
- группа 3 (17 человек) включала практически здоровых людей в возрасте 18–32 года (контрольная группа).

Исследования показали, что у 25 процентов пациентов группы 1 и 14,1 процентов пациен-

тов группы 2 выявлена склонность к брадикардии (ЧСС < 60 уд. мин) в сравнении с 5,9 процентов контрольной группы (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Сравнение ЧСС в группах

ЧСС, уд./мин	Контрольная	Основная	Исследовательская
До 60	1 (5,9 %)	9 (14,1 %)	5 (25,0 %)
61–70	2 (11,8 %)	21 (32,8 %)	6 (30,0 %)
71–90	12 (70,5 %)	29 (45,3 %)	6 (30,0 %)
91–120	2 (11,8 %)	5 (7,8 %)	3 (15,0 %)

В то же время у пациентов с метаболическим синдромом (исследовательская группа) обнаружено большее количество пациентов (15 процентов) со склонностью к тахикардии (ЧСС > 90 уд./мин) в сравнении с контрольной группой, что указывает на активацию симпатической нервной системы, связанной с возможным развитием выраженных патологических изменений в сердечно-сосудистой системе, требующих мобилизации резервных возможностей организма [4].

С помощью комплекса ФАЗАГРАФ® проводилось также исследование статистических и спектральных показателей variability сердечного ритма в указанных группах, в частности показателя *SDNN* (стандартного отклонения массива кардиоинтервалов), который характеризует суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Сравнение показателя *SDNN* в группах

<i>SDNN</i> , мс	Контрольная	Основная	Исследовательская
0–40	3 (17,6 %)	37 (57,8 %)	13 (65,0 %)
41–100	13 (76,5 %)	16 (25,0 %)	5 (25,0 %)
101–150	1 (5,9 %)	1 (1,6 %)	0
151–200	0	4 (6,25 %)	1 (5 %)
201–300	0	4 (6,25 %)	1 (5 %)

Установлено, что у 76,5 процентов лиц контрольной группы показатель *SDNN* был в пределах нормы, в то время как у 57,8 процентов пациентов основной группы и у 65,0 процентов исследовательской группы этот показатель был снижен, что также указывает на усиление симпатической регуляции, которая угнетает активность автономного контура.

На основании проведенных исследований авторы работы [4] делают вывод об эффективности использования информационной технологии ФАЗАГРАФ® для оценки variability сердечного ритма и вегетативной функции у пациентов с метаболическим синдромом, что

позволяет выделить пациентов с высоким риском сердечно-сосудистых осложнений и провести своевременное лечение.

В статьях [5, 6] Шевцовой А.М. с коллегами представлены результаты использования комплекса ФАЗАГРАФ® при оценке адекватности подбора медикаментозных и иных средств в процессе реабилитации больных. В частности, исследованы показатели состояния вегетативной нервной системы (активности парасимпатического и симпатического тонуса) и сердечного ритма у пациентов после оперативного лечения геморрагического инсульта [5].

В исследовании принимали участие 53 пациента в возрасте от 37 до 72 лет. Проводили его на клиническом этапе реабилитации на второй, третьей и шестой неделе после оперативного лечения острого нарушения мозгового кровообращения по геморрагическому типу. Программа физической реабилитации включала занятия лечебной гимнастикой, массаж, электростимуляцию методом биологической обратной связи и элементы эрготерапии. Оценка эффективности реабилитации основывалась на измерении параметров variability сердечного ритма.

На второй-третий день после операции у 30,2 процентов больных наблюдалась аритмия, у 28,3 процентов больных – ригидный ритм, а у 26,4 процентов больных ритм был умеренно снижен (рис. 5).

Установлено, что в процессе реабилитации по окончании шестой послеоперационной недели статистически значимо снизился процент больных с выраженным преобладанием симпатического отдела с 32,3 процентов до нуля ($p < 0,01$), а также достоверно снизился процент больных с умеренным преобладанием парасимпатического отдела с 38,7 до 16,1 процентов ($p < 0,05$).

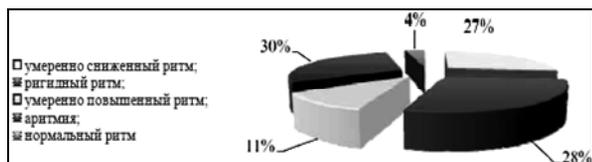


Рис. 5. Оценка характера ритма сердца больных на второй-третий день после оперативного лечения геморрагического инсульта

Проведенные исследования с использованием комплекса ФАЗАГРАФ® позволили авторам ра-

боты [5] получить объективные данные, подтверждающие, что под влиянием физических упражнений у пациентов, занимающихся по разработанной программе физической реабилитации, наблюдается нормализация деятельности вегетативной нервной системы и установление баланса между симпатическим и парасимпатическим ее отделами, нормализуются или приближаются к норме показатели сердечного ритма.

В работе [6] представлены интересные результаты по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы пациентов с шейно-грудным остеохондрозом, сочетанным с гипертонической болезнью. В исследовании принимало участие 65 человек (29 женщин и 36 мужчин), которые находились на стационарном лечении в отделении неврологии Главного военного клинического госпиталя г. Киева.

Для анализа степени централизации управления сердечным ритмом и реакции организма на физическую нагрузку проводился тест (10 приседаний за 15 с.) с анализом индекса напряжения (ИН) по Баевскому, который автоматически вычислялся комплексом ФАЗАГРАФ® по известной формуле: $ИН = \frac{AMo}{2Mo \cdot MxDMn}$, где Mo и AMo – соответственно мода и амплитуда моды, а $MxDMn$ – разброс кардиоинтервалов (разность между максимальным и минимальным $R - R$ -интервалами).

Установлено, что у пациентов средние значения ИН в состоянии покоя составляли 423,83 у.е., что свидетельствует о высоком уровне степени напряжения даже в момент относительного покоя. Сразу после нагрузки средние значения ИН составили 1223,21 у.е., а максимальное значение – 2465 у.е., что говорит о нерациональном использовании ресурсов организма при выполнении нагрузочного теста у обследуемой группы пациентов в сравнении со здоровыми волонтерами, у которых ИН не превышал 100–200 у.е.

Исследования Мининой Е.Н. [7, 8] подтвердили высокую чувствительность показателя β_T , характеризующего симметрию зубца T , к изменениям функционального состояния при срочной и долговременной адаптации.

В исследованиях принимали участие 158 человек, в том числе:

- 35 спортсменов высокой квалификации (вольная борьба, легкая атлетика, бокс);

- 123 не тренированных человека (72 женщины и 51 мужчина) трех возрастных групп (19–20, 30–40 и 50–55 лет).

С помощью комплекса ФАЗАГРАФ® анализировались значения показателей ЭКГ и вариабельности сердечного ритма в покое (табл. 3), в том числе симметрия T -зубца (β_T , у.е.), смещение сегмента ST (мВ), амплитуда моды (AMo , %), индекс напряжения (ИН, у.е.), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF , у.е.) в виде отношения спектральной мощности ритмограммы в диапазонах низких частот LF (0,04–0,15 Гц) и высоких частот HF (0,15–0,4 Гц) соответственно.

Как видно из табл. 3, у спортсменов высокой квалификации показатель симметрии T -зубца находится в диапазоне 0,45–0,60 у.е., что отражает оптимальное функционирование миокарда в сравнении с нетренированными лицами. Установлено также, что увеличению массы тела более чем на 10 кг приводит к увеличению симметрии зубца T на 28,5 процентов ($p < 0,01$) относительно функциональной нормы.

Для исследования взаимосвязи показателя β_T с уровнем физической подготовленности и тренированности проводились дополнительные эксперименты [8], в которых участвовало 70 человек (35 женщин и 35 мужчин) разного возраста и уровня тренированности. С помощью велоэргометра моделировали тренировочную нагрузку – 75 процентов от максимального потребления кислорода в течение 30 мин.

Установлено, что к концу нагрузочного теста у спортсменов показатель β_T оставался стабильным, тогда как у нетренированных лиц молодого и среднем возрастов показатель β_T увеличился до 50,0 процентов ($p < 0,001$), а в старшей возрастной группе до 35 ($p < 0,05$) в сравнении с исходно высокими значениями.

В процессе выполнения нагрузочного теста с помощью прибора *ReoComStandart* дополнительно анализировали параметры кардиогемодинамики: ударный объем крови ($УО$, мл), систолическую (A_C , мВ) и диастолическую (A_D , мВ) амплитуды, по которым вычисляли диастолический индекс DI (у.е.) по формуле

$$DI = A_D / A_C.$$

Оказалось, что в группе нетренированных лиц в возрасте 19–40 лет, у которых после нагрузки наблюдались высокие значения $\beta_T > 1,0$ (дополнительная группа), наблюдались также достоверно меньшие значения DI как в покое, так и в течение нагрузочного теста в сравнении с группой спортсменов (рис. 6), а в старшей возрастной группе (50–55 лет) значения DI были еще меньше, чем в двух других группах ($p < 0,05$ и $p < 0,01$).

Выявлена также высокая степень отрицательной корреляции $r = -0,78$ ($p < 0,05$) между показателями DI и β_T . Все эти факты, как полагает Минина Е.Н., свидетельствуют о прогностическом значении показателя β_T для определения диастоно-систолических взаимоотношений, отражающих функциональные резервы миокарда.

Еще один любопытный результат получен в подгруппе нетренированных табакокурльщиков со стажем не менее трех лет, которые выкуривают в день более 10 сигарет (28 женщин и 32 мужчины). Обнаружено [7], что в результате выкуривания одной сигареты среди молодых, средних и старших возрастных групп изменения в миокарде *различны*: у испытуемых 19–20 лет (в отличие от других возрастных

Таблица 3. Показатели в группах с различным уровнем функциональных резервов

Показатели	Тренированные	Нетренированные			
		Возраст, лет			Масса тела ≥ 10 кг
		19–20 ($n = 43$)	30–35 ($n = 30$)	50–55 ($n = 35$)	
β_T , у.е.	0,52±0,09	0,78±0,08*	0,89±0,09***	1,01±0,10***	0,92±0,07***
ST , мВ	0,021±0,009	0,016±0,002	0,028±0,009	0,071±0,019*	0,052±0,0110
AMo , %	25,5±5,3	27,4±1,5	43,1±1,3***	53,3±1,2***	41,5±9,6
ИН, у.е.	34,5±10,2	54,2±15,1	284,1±30,1***	398,8±60,1***	236,7±13,5***
LF/HF , у.е.	0,9±0,2	0,6±0,2	1,9±0,5	2,2±1,2	1,1±0,9

Примечание: достоверные различия показателей в сравнении с тренированными $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***)

групп), после выкуривания сигареты происходило увеличения симметрии T -зубца в среднем на 30,0 процентов ($p < 0,05$), а возвращение в норму отмечалось лишь через 90 минут, что можно объяснить незрелостью вегетативной нервной системы противодействовать никотиновой интоксикации.

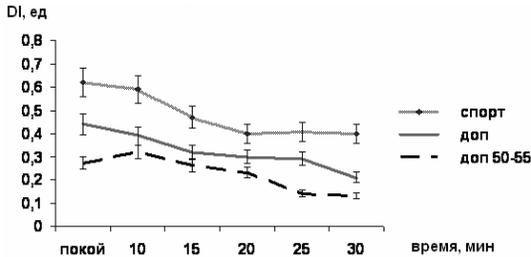


Рис. 6. Динамика изменения диастолического индекса DI в группах

На основании данных, полученных с использованием комплекса ФАЗАГРАФ[®], группа детских кардиологов под руководством академика Майданника В.Г. провела исследование эффективности лекарственной терапии (цефамандара) подростков с избыточной массой тела [9].

Было обследовано 27 школьников (шесть мальчиков и 21 девочка) в возрасте 12–18 лет с избыточной массой тела или ожирением (средний возраст – $15,2 \pm 2,3$ года). По результатам исследований установлено, что на фоне лечения у пациентов достоверно возросла мода Mo кардиоинтервалограммы от $0,611 \pm 0,270$ с до $0,693 \pm 0,033$ с ($p < 0,05$) и вариационный размах $MxDMn$ от $0,190 \pm 0,068$ с до $0,419 \pm 0,571$ с ($p < 0,05$), что свидетельствует о повышении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Простота и удобство регистрации ЭКГ с помощью сенсора с пальцевыми электродами позволяет проводить исследования не только в медицинских учреждениях, но и непосредственно на рабочем месте. Эта особенность комплекса ФАЗАГРАФ[®] использован Еной Е.А. при изучении физиологического статуса диспетчеров энергосистем в штатных и аварийных ситуациях [10]. Установлено, что у диспетчеров после работы наблюдаются достоверные изменения показателя β_T и индекса напряжения ИН даже в штатном режиме, а при моделировании аварийной ситуации их изменения оказываются еще более выраженными ($p < 0,05$).

ИТ ФАЗАГРАФ[®] нашла применение в исследованиях Григорьева Г.Е. [11, 12], направленных на изучение эффектов влияния планетарных гелиогеофизических факторов на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Исследования базировались на измерении 18 показателей ЭКГ первого стандартного отведения в постоянных группах здоровых волонтеров, которые синхронно проводились в Симферополе (29 чел.), Киеве (31 чел.), Москве (27 чел.) и Якутске (40 чел.).

На рис. 7 показаны средние профили вариации симметрии T -зубца в диапазоне ± 4 суток относительно дат геомагнитных возмущений (нулевая дата) в разных точках измерений.

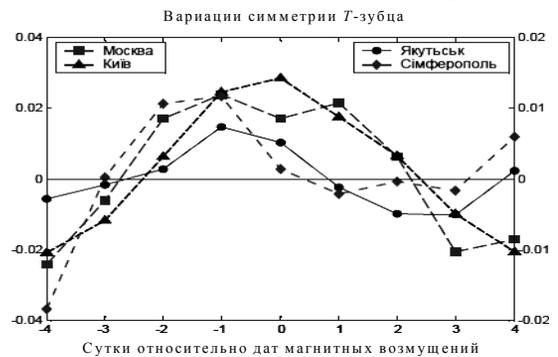


Рис. 7. Профиль вариации параметра β_T относительно дат геомагнитных возмущений

Установлено, что при выполнении теста психоэмоциональной нагрузки в магнитовозмущенные даты во всех точках измерения наблюдалось наиболее выраженное изменение параметра β_T , что скорее всего вызвано тем, что дополнительная нагрузка усиливает стрессовое влияние геомагнитных возмущений на сердечно-сосудистую систему [11].

Исследования Григорьева Г.Е. подтвердили, что динамика показателей, отражающих функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, связана не только с геомагнитными возмущениями, но и в целом с динамикой космической погоды, в первую очередь, с солнечной и геомагнитной активностью. По результатам множественного регрессионного анализа установлено, что наиболее тесная статистическая связь с этими факторами имеют варибельность формы фазового портрета и количество (частота) нетипичных циклов [12], кото-

рые автоматически определяются комплексом ФАЗАГРАФ®. ИТ ФАЗАГРАФ® нашла практическое применение не только в исследованиях украинских специалистов, но и российских коллег. Дадим краткую характеристику результатам этих исследований.

Исследование авторов работ [13, 14] направлено на изучение влияния табакокурения на сердечно-сосудистую систему человека в условиях воздействия гелиофизических возмущений. Состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по коэффициенту симметрии T -зубца на ЭКГ, полученной в состоянии покоя, после физической и эмоциональной нагрузок. Изменение магнитной возмущенности определяли по значению Кр-индекса.

Для исследования отобраны две группы функционально здоровых женщин в возрасте 20 лет (первая группа – некурящие, вторая – курящие). Все обследуемые проходили четырехкратную регистрацию ЭКГ в состоянии покоя, после стресс-теста, после физической нагрузки и после минутного отдыха, по которым с помощью ИТ ФАЗАГРАФ® измерялись значения показателя β_T . Рассчитывались средние изменения показателя симметрии T -зубца для каждой из групп:

$$\Delta\beta_T = \frac{\sum_{i=1}^N (\beta_i - \beta_i^0)}{N},$$

где β_i – коэффициент симметрии T -зубца i -го исследуемого после выполнения стресс-теста, β_i^0 – коэффициент симметрии T -зубца i -го исследуемого в состоянии покоя, N – число исследуемых в группе.

Результаты наблюдений сопоставлялись со значениями Кр-индекса, отражающего изменение магнитной возмущенности (рис. 8)

Из рис. 8 видно, что у курящих лиц амплитуда изменений $\Delta\beta_T$ в дни, предшествующие магнитной буре и на пике гелиогеомагнитной возмущенности, существенно выше, чем амплитуда изменений $\Delta\beta_T$ у некурящих лиц.

Дальнейшие исследования [15], проведенные с использованием ИТ ФАЗАГРАФ® на достаточно большой экспериментальной выборке (около 5000 измерений в период 2010–2011 гг.), выявили достоверные отличия показателя β_T ($p < 0,05$)

у курящих и некурящих женщин независимо от уровня геомагнитной активности, причем у курящих показатель симметрии T -зубца оказывался в среднем выше на 35–40 процентов. Примечательно, что в магнитовозмущенные дни достоверные отличия ($p < 0,05$) изменений показателей β_T (в два раза) у курящих женщин наблюдались при *психоэмоциональной* нагрузке и у курящих мужчин при *физической* нагрузке.

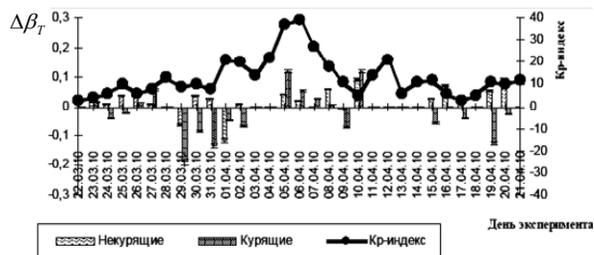


Рис. 8. Среднее значение изменений коэффициента симметрии T -зубца после эмоциональной нагрузки для групп курящих и некурящих женщин

С помощью ИТ ФАЗАГРАФ® обнаружено также, что независимо от геомагнитной обстановки в группе некурящих женщин частота P_a появления нетипичных циклов ЭКГ не превышает 50 процентов, в то время как в группе курящих колеблется в интервале от 20 до 100 процентов ($p < 0,05$). В магнитно-возмущенный период (с 23 по 30 день, рис. 9) для некурящих женщин частота P_a не превышала 40 процентов, в то время как для группы курящих женщин частота P_a колебалась от 50 до 100 процентов ($p < 0,05$). На пике магнитной возмущенности (27 день, рис. 9) частота P_a составила в группе курящих женщин 100 процентов, а в группе некурящих – 28 ($p < 0,05$).

В исследованиях Стрелкова Д.Г. [16] изучались функциональные резервы организма человека при действии измененной газовой среды. Было проведено четыре серии исследований с участием 189 добровольцев, мужчин и женщин в возрасте от 19 до 35 лет. Всего с помощью комплекса ФАЗАГРАФ® проведено 606 исследований, в том числе 123 измерения для исследования влияния избыточного внутрилегочного давления на кардиореспираторную систему.

Установлено, что кратковременное воздействие избыточного давления в 100 мм водного столба практически не выводит сердце из об-

ласти индивидуальной нормы. Однако при возрастании нагрузки в два раза при практически неизменном ЧСС выявляются экстрасистолы на фоне резкого уменьшения вариабельности сердечной ритмики.

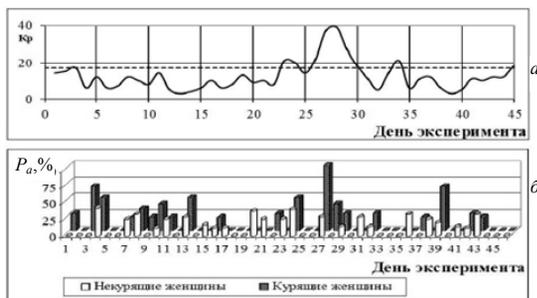


Рис. 9. Взаимосвязь изменений в группах курящих и некурящих женщин: а – Кр-индекса; б – частоты P_a появления нетипичных циклов ЭКГ

Дальнейшее увеличение избыточного давления до 300 мм водного столба приводило к резкому изменению коэффициента симметрии T -зубца в три раза относительно нормы и срыву адаптации, причем появление и исчезновение экстрасистол регистрировалось через одну-две минуты после изменений коэффициента симметрии T -зубца.

На основании анализа параметров вариабельности сердечного ритма выявлены показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР), которые можно использовать как критерии неустойчивости к избыточному внутрилегочному давлению (табл. 4).

Таблица 4. Динамика показателей ВСР у обследованных в группах при дыхании под избыточным давлением

Показатели сердечного ритма	Результаты исследований (избыточное давление 300 мм водн.ст. без компенсации)			
	Устойчивые ($n = 15$)		Неустойчивые ($n = 7$)	
ЧСС	65,3±2,2	87,7±1,5	73,4±1,3	100,9±2,4
ИИ	122±21,8	210,1±34,1	252,1±12,8	514,8±32,1
HF	1,16±0,03	0,47±0,01	0,5±0,02	0,11±0,01
LF	1,43±0,09	1,78±0,12	1,5±0,04	0,13±0,09
LF/HF	1,1±0,1	1,64±0,4	3,82±1,5	6,55±2,21

Примечание: достоверные различия в группах $p < 0,05$.

Интересные результаты удалось получить в исследованиях, проводимых Костоглодовым Ю.К. в Российском научном центре хирургии им. акад. Б.В. Петровского РАМН [17, 18]. Цель этих исследований – поиск объективных хронопредикторов, несущих информацию об уровне угрозы для данного пациента в данный момент времени. При обнаружении хро-

нопредикторов, сигнализирующих о возможности развития острых состояний, необходимо в дни с высоким хронотропным риском исключать назначение медицинских мероприятий (в первую очередь — хирургических операций).

В исследованиях участвовала группа практически здоровых людей в возрасте 55–80 лет, которым с помощью комплекса ФАЗАГРАФ® ежедневно контролировались показатели сердечной деятельности и сопоставлялись результаты этих исследований с прогнозируемыми датами высокого хронотропного риска развития острых состояний (РОС).

На рис. 10 представлены наглядные иллюстрации полученных результатов, выложенные на Интернет-сайте [19] в разделе «Статистика, факты», из которых видно, что параметры, отражающие функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, принимали «аномальные» значения в дни с высоким хронотропным риском острых состояний (РОС).

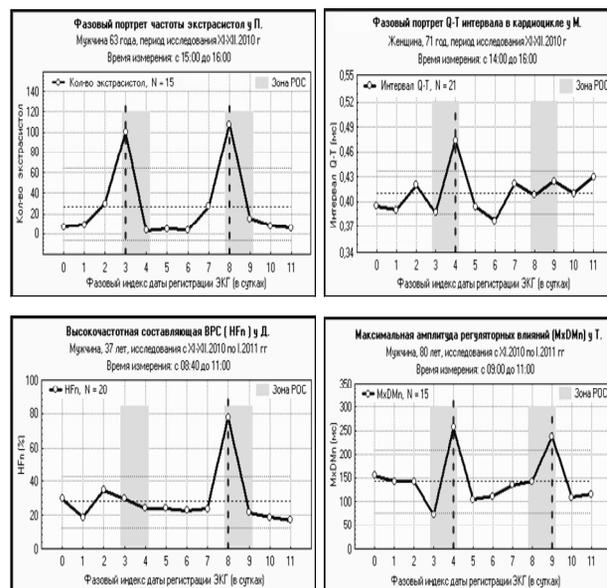


Рис. 10. Взаимосвязь значений параметров сердечной деятельности с датами риска острых состояний (выделены серым цветом)

Заключение. Автор не ставил своей целью провести критический анализ представленных результатов с учетом физиологии исследуемых процессов. Возможно некоторые из этих результатов требуют более длительной проверки. Тем не менее, представленные результаты позволяют сделать главный вывод: ИТ ФАЗАГРАФ® – удобный и полезный инструмент при решении широкого круга задач как в медицине, так и в смежных областях, который дает возможность объективно оценить:

- эффективность лекарственной терапии больных острым инфарктом миокарда;
- особенности вариабельности ритма сердца и вегетативной функции у пациентов с метаболическим синдромом;
- эффективность реабилитации пациентов после оперативного лечения геморрагического инсульта;
- функциональные резервы организма при долговременной и срочной адаптации;
- влияние табакокурения на сердечно-сосудистую систему;
- эффективность лекарственной терапии у подростков с избыточной массой тела ;
- влияние геомагнитных возмущений на сердечно-сосудистую систему;
- функциональные резервы организма при действии измененной газовой среды;
- эффективность хронопредикторов развития острых состояний организма.

Представленные результаты существенно расширяют ранее опубликованные данные об успешной апробации ИТ ФАЗАГРАФ® и дают основание утверждать об эффективности этой технологии в разных сферах применения.

1. Гриценко В.И., Файнзильберг Л.С. Информационная технология ФАЗАГРАФ® для интегральной оценки состояния сердечно-сосудистой системы по фазовому портрету электрокардиограммы // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 52–63.
2. Файнзильберг Л.С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы. – К.: Освіта України, 2013. – 191 с.
3. Батушкін В.В. Модифікація детермінант довготривалого прогнозу перебігу гострого Q-інфаркту міокарда у хворих похилого віку шляхом раннього призначення інгібіторів АПФ різних генерацій // Внутрішня медицина. – 2008. – № 1 (7). – <http://www.mif-ua.com/archive/issue-4367/article-4422/>
4. Катеринчук И.П., Борисенко Н.В. Вариабельность ритму сердца та вегетативна дисфункція у хворих з метаболічним синдромом // Аритмологія. – 2012. – № 3(3). – С. 6–13.
5. Куфтан Мохаммед Назми Куфтан, Шевцова А.М. Динамика восстановления состояния вегетативной нервной системы у больных после оперативного лечения геморрагического инсульта // Физическое воспитание студентов. – 2012. – № 4. – С. 93–96.
6. Шевцова А., Жарова І. Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи пацієнтів із шийно-грудним остеохондрозом та гіпертонічною хворобою // Спор. Вісн. Придніпров'я. – Дніпропетровськ. – 2011. – № 3. С. 103–105.
7. Минина Е.Н. Показатель симметрии зубца T (β_T) ЭКГ в фазовом пространстве как индикатор долговременной и срочной адаптации // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Актуальні проблеми вале-

ології та реабілітації», 17 – 19 квіт. 2013 р., м. Симферопіль). – С. 4–9.

8. Минина Е.Н. Анализ волны T ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2013. – 26 (65), № 2. – С. 148–153.
9. Эффективность и безопасность цефамандара при лечении школьников с избыточной массой тела / Н.В. Хайтович, В.Г. Майданник, В.В. Очеретько и др. // Междунар. ж. педиатрии, акушерства и гинекологии. – 2013. – Т. 3. – № 2. – С. 63–66.
10. Ена Т.А. Особливості психофізіологічних характеристик диспетчерів енергосистем у штатних і аварійних ситуаціях: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – 2012. – 19 с.
11. Григор'єв П.Є. Загальні ефекти планетарних геліофізичних факторів у серцевої діяльності // Вісн. Луган. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Біологічні науки. – 2009. – № 2 (165). – С. 36–42.
12. Григор'єв П.Є. Інформаційна технологія моніторингу стану людини для визначення його залежності від космофізичних факторів: Автор. дис. ... докт. биол. наук. – 2010. – 41 с.
13. Бабаева М.И., Рогачева С.М., Самсонов С.Н. Анализ результатов биофизического мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы человека с учетом дополнительной антропогенной нагрузки // Изв. Самар. научн. центра РАН. – 2010. – 12, № 1 (8). – С. 1917–1920.
14. Бабаева М.И., Рогачева С.М. Курение – фактор риска для сердечно-сосудистой системы человека при гелиофизических возмущениях // В мире научных открытий. – 2010. – № 4. (10). – Ч. 17. – С. 31–32.
15. Отраднова М.И. Сочетанное действие гелиогеофизических и антропогенных факторов на биосистемы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Саратов: Саратов. гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского. – 2013. – 19 с.
16. Стрелков Д.Г. Сравнительная оценка функциональных резервов организма человека при действии измененной газовой среды: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М.: Российский ун-т дружбы народов. – 2007. – 22 с.
17. Костоглодов Ю.К. Хрономеханика. Прогностический потенциал хронопредикторов в контексте клинических событий хирургического центра // Вестн. Российского ун-та дружбы народов. Медицина. – 2012. – № 7. – С. 133.
18. Моя поликлиника. – <http://www.newpoliclinic.ru/003-095.php>

Поступила 11.12.2013

Тел. для справок: +38 044 411-6904, 067 715-1583 (Киев)

E-mail: tymnad@gmail.com

© Л.С. Файнзильберг, 2014