

Мобильный индивидуальный диагностический антистрессовый комплекс

Аннотация проекта

Создание мобильного персонального комплекса мониторинга работоспособности (утомляемости) и экспресс-диагностики предстрессовых состояний для широкого круга пользователей компьютеров, операторов сложных технических систем, обычных потребителей. Комплекс позволяет проводить количественную и качественную оценку психофизиологических перегрузок, угрожающих здоровью пользователя на основе методики оценки функционального состояния человека по параметрам *гармонии/дисгармонии* биоритмов, снимаемых с сердечно-сосудистой системы.

Содержание инновации, обоснование ее целесообразности и реализуемость;

Выявление в реальном режиме времени с помощью мобильного комплекса отклонений от нормы в ритмической структуре организма человека, распознавание утомления, предстрессовых состояний. Эти отклонения идентифицируются в результате обработки динамики сердечного ритма, который в результате гомеостатических реакций модулируется всеми функциональными подсистемами организма. Такой подход позволит заблаговременно предупредить человека о наступлении стресса, либо переутомления. Эта технология направлена на предупреждение системных заболеваний, связанных со стрессом. (**Научных основания методики приведены в приложении**)

По статистике в США **90% населения постоянно находится в состоянии сильного стресса**. Из них 60% испытывает стресс 1-2 раза в неделю, 30% - почти каждый день. В России по приблизительным оценкам примерно **70% россиян постоянно находятся в состоянии стресса**, а треть всего населения - в состоянии сильного стресса.

По данным американских ученых 2/3 всех визитов к врачу вызваны симптомами, в основе которых лежит стресс. Многие крупные корпорации тратят сотни миллионов долларов на медицинские пособия, вызванные стрессом. В итоге экономические потери от стресса в США превышают **300 миллиардов долларов ежегодно**. 40 млн. из 147 млн. рабочих в странах Европейского союза страдают от стрессов, что ежегодно обходится обществу в 19 млрд. долларов США.

Вследствие постоянных стрессов, почти **90% всего населения** находится под угрозой получить заболевание, называемое синдромом хронической усталости. Симптомы этого заболевания очень напоминают проявления СПИДа: быстрая утомляемость, слабость по утрам, «песок» в глазах, частые головные боли, бессонница, конфликтность, склонность к одиночеству и др.

Многие жители стран "Большой Европы" также страдают теми или иными последствиями стрессовых ситуаций. Например, - 13% сетуют на постоянную головную боль, 17% - на мышечные боли, еще 30% испытывают неприятные ощущения и боли в области спины.

Ритм жизни человека в современном обществе оставляет ему все меньше и меньше времени на проведение комплекса восстановительных процедур. Но что самое опасное, человек начинает замечать состояние подавленности только уже тогда, когда оно наступает. *Предлагаемая технология направлена на предупреждение человека о наступлении такого состояния заблаговременно, причем эта технология позволяет осуществлять такую диагностику без изменения характера деятельности человека (без отрыва от работы, семьи и т.д.).*

Устройство и функционирование комплекса.

Назначение комплекса. Мобильный индивидуальный диагностический антистрессовый программно-аппаратный комплекс предназначен для экспресс-мониторинга психофизиологического состояния человека по параметрам *гармонии/дисгармонии* биоритмов, снимаемых сердечно-сосудистой системой.

Комплекс позволит *в режиме реального времени проводить:*

- **мониторинг работоспособности** (утомляемости, приближение состояния стресса) пользователя;
- **количественную и качественную оценку перегрузок, угрожающих здоровью** пользователя.



Состав комплекса:

- датчики ЭКГ и ритма дыхания и малогабаритная усилительная аппаратура;
- инфракрасный канал связи с ЭВМ;
- приемное устройство, пакет сервисных и обрабатывающих программ;
- техническая и пользовательская документация.

Функционирование комплекса.

ЭКГ и ритм внешнего дыхания регистрируется датчиками и передается в ЭВМ по инфракрасному каналу связи. Далее производится обработка поступающей информации с размещением в соответствующей базе данных исходной и обработанных данных. По результатам обработки проводится диагностика, которая базируется новой методологии анализа динамики сложных систем, **обладающих большим набором собственных частот** (см. патенты и *Публикации по содержанию инновации*).

Новизна.

Основные отличия от известных аналогов (см. также табл. 1.) предлагаемый комплекс обеспечивает:

- анализ гармонии/дисгармонии (рис.1) временной и частотной структуры наведенных на сердце биоритмов со стороны других функциональных систем, носителем которых является временная динамика сердечных сокращений, ритм дыхания, а также их связь;

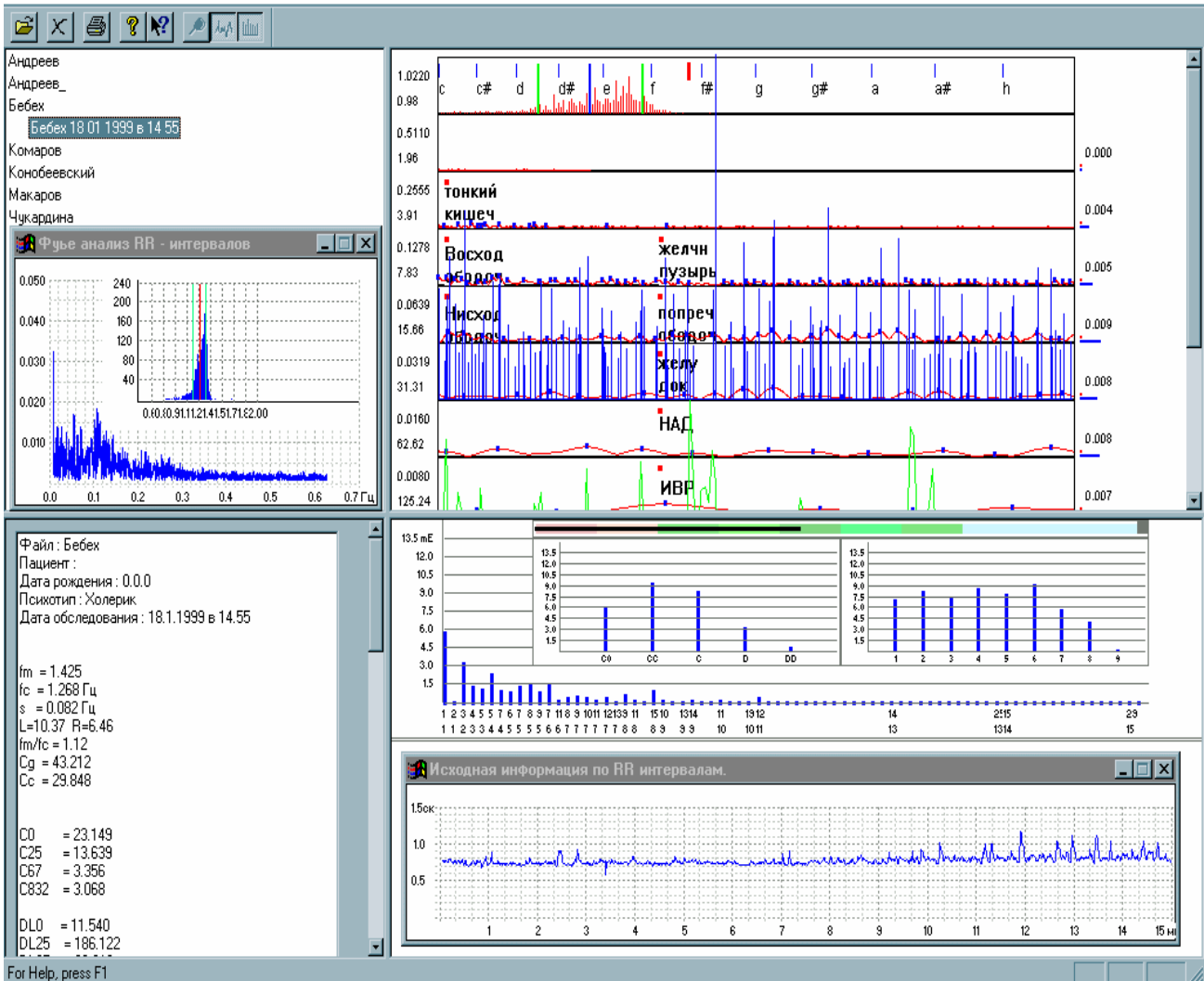


Рис. 1 Внешний вид рабочей панели пользователя (при мониторинге исходной физиологической информации результатов обработки) прототипа, на котором проводятся исследования в Московском стоматологическом университете.

В разрабатываемом комплексе процесс обработки, необходимый для проведения соответствующей аналитической работы, на экран выводиться не будет. В случае приближения ситуации стресса на мониторе будет загораться предупредительная надпись.

- дистанционный (по инфракрасному каналу, проводная связь с ЭВМ отсутствует) ввод физиологической информации в течение рабочего дня в ЭВМ (рис. 2);



Рис.2 Внешний вид комплекса с дистанционным вводом информации в ЭВМ для последующего анализа.

1. устройство приема инфракрасных сигналов
2. датчик съема информации в виде клипсы с инфракрасным передатчиком

- непрерывное накопление в базе данных результатов наблюдений за пользователем;
- проведение комплексной оценки состояния здоровья;
- визуализация показателей гармонии биоритмов;
- настраиваемость комплекса на индивидуальные психофизиологические особенности пользователя и режим его деятельности в течение рабочего дня.

В настоящее время создан прототип (рис.3), на котором проводятся исследования в Московском стоматологическом университете.



Рис.3 Прототип индивидуального диагностического комплекса

В конечном варианте комплекс будет выполнен в двух видах:

1. миниатюрная система съема информации с человека с дистанционным вводом информации в вычислительную систему.

2. мобильная переносная система с миниатюрным (переносным) персональным компьютером.

Анализ существующих близких решений проблемы, включая результаты патентного поиска;

Таблица 1.

Сравнительные данные и отличительные особенности комплексов-аналогов в сравнении с комплексом ИНЕ

<i>Фирма</i>	<i>Название комплекса</i>	<i>Регистрируемые сигналы</i>	<i>Информативный сигнал</i>	<i>Связь с ЭВМ</i>	<i>Принципы диагностики (отличительные особенности)</i>
Компания БКБ	Доктор А	ЭКГ	Пульсограмма	Проводная	Статистическая и спектральная обработка пульсограммы
Военно-медицинская академия им. Кирова	Омега-Пациент	ЭКГ	Пульсограмма	Проводная	Статистическая и спектральная обработка пульсограммы
Институт ноосферного естествознания (ИНЕ)		<i>ЭКГ Стирограмма</i>	<i>Пульсограмма Ритм дыхания</i>	<i>Телеметрическая (инфракрасный канал)</i>	<i>Статистическая и спектральная обработка пульсограммы и ритмостирограммы. Количественная оценка гармонии и дисгармонии биоритмов</i>

Основные отличия от известных аналогов (Доктор-А, комплекс мед. акад. Им Кирова и др.):

Концептуальные

В традиционных методиках обработки медикобиологических сигналов, используемых в современных скрининг-медицинских системах и экспресс-диагностических комплексах, для получения диагностически значимой информации, применяются в основном спектральные и статистические методы (см. лит. в приложении 2. [1,2,3]). Это касается и обработки пульсовых кривых ритма сердца и дыхания. В последнее время все более широкое распространение получают методы вейвлет-анализа сигналов, а также идеи и методы, которые получили развитие с начала прошлого века в теории нелинейных динамических систем и фрактальной геометрии [13, приложение 2].

Данные технологии являются общепринятыми, хорошо теоретически, методологически и математически разработанными. Однако все их объединяет одно общее качество – все они фактически обслуживают медико-биологическую феноменологию изучения такого «черного ящика», как биологическая система. Они, конечно, совершенно необходимы, т.к. направлены на сбор, обработку, классификацию, обобщение медико-биологической информации. Однако феноменологический подход требует, как известно, больших временных ресурсов.

Биологические системы характеризуются высокой степенью организованности, и в, частности, организованностью их ритмодинамики. В этой связи гораздо более адекватным, с точки зрения приближения к пониманию сущности функциональной организации биологических систем, является подход основанной на гипотезе, что Принцип Гармонии является фундаментальным принципом организации любых форм бытия,

любых форм жизни. Все жизнеспособное, жизнедеятельное, эстетически выразительное и устойчивое в своих проявлениях по сущности своей гармонично.

Последовательная реализация данного принципа в теоретических и прикладных аспектах привела к созданию прототипа экспресс-диагностического медицинского комплекса, в котором они конкретно воплощены. Применяемая при обработке физиологических сигналов методика количественной оценки гармонии/дисгармонии биоритмов позволяет давать оценку внутренней организованности и упорядоченности биологического сигнала и на этом основании судить о той или иной степени отклонения от нормы.

Методологические

В прототипе комплекса проводится регистрация и совместная обработка сразу нескольких ритмограмм: пульса, динамика интенсивности R и T зубцов ЭКГ во времени, ритма дыхания.

Технические

В предлагаемой разработке предполагается использование канала беспроводной передачи информации в ЭВМ со следующими характеристиками:

- Телеметрическая связь с ЭВМ (в радиусе 10-20м);
- Использование не создающих неудобств пользователю микродатчиков для регистрации физиологического состояния;
- Непрерывное ведение и постоянный анализ физиологической информации в базе данных;
- Комплексная оценка состояния здоровья.
- *Потенциальные потребители, наличие предварительных контактов и соглашений, мнение потребителей, если имеется, по предлагаемому продукту, вклад потребителей в реализацию проекта;*

Потенциальные потребители: операторы различного профиля, пользователи вычислительных систем (авиадиспетчеры, диспетчеры сложных технологических комплексов), невропатологи, врачи различного профиля, широкий круг обычных пользователей ЭВМ.

В настоящее время проходят тестирование несколько технических прототипов в Московском стоматологическом университете. Выражена явная заинтересованность в использовании комплексов в процессе стоматологических процедур.

Имеется согласие ОАО «Авиатренажеры» в использовании технологии в системах контроля состояния летчика на авиатренажерах.

Создание мобильного персонального комплекса мониторинга работоспособности (утомляемости) и экспресс-диагностики предстрессовых состояний для широкого круга пользователей связано с результатами исследований, которые позволили проводить количественную и качественную оценку психофизиологических перегрузок. Это стало возможным в результате разработки методики оценки функционального состояния человека по параметрам *гармонии/дисгармонии* биоритмов, снимаемых с сердечно-сосудистой системы.

В настоящем приложении кратко приведены научные основания такой методики.

1. Колебательно-ритмическая концепция живого.

Огромное познавательное и методологическое значение в формировании колебательно-ритмической концепции живого имеют понятия о гармонии в музыке. Для этого есть два основания. Во-первых, гармония в музыке есть отражение специфики и фундаментальной особенности психики человека восприятия внешних вибраций по критериям гармонии/дисгармонии (консонанса/диссонанса). Во-вторых, музыка, как сложноорганизованный ансамбль циклических движений, имеет много общего с организацией вибраций живого, и является как бы аналогом проявления гармонии собственно самой жизни. В этой связи изучение известных законов гармонии музыки должно проливать свет на законы и биологической гармонии.

Для исследования живого, как феномена со *сложной и тонкой* циклической организации, нужна адекватная научная концепция. В 70-80 годах отмечалось значительное возрастание интереса к исследованию биоритмов живых организмов. В последствии это имело лишь то положительное значение, что позволило накопить и классифицировать богатый эмпирический материал [1,2,3,4,5]. Но при всей как бы очевидности и необходимости прикладного использования этих знаний, это сделано не было и не привело в дальнейшем к достаточно активному **практическому использованию** полученного опыта.

В Институте Ноосферного Естествознания (ИНЕ) в течение ряда лет проводилась исследовательская работа, направленная, прежде всего, на изучение закономерностей существования сложноорганизованных ансамблей осцилляторов. Первый этап работы закончился созданием понятийного аппарата концепции гармонии. Прежде всего, были рассмотрены взаимосвязи таких понятий как становление, число, граница, качество, консонанс, аккорд и др. Исследования сделали возможным развитие прикладных представлений и о биологических объектах, как гармонически организованных сложных динамических системах.

Создаваемая математическая теория гармонии позволила не только моделировать динамическое целое из осцилляторов, т.е. создавать **целое из циклически функционирующих частей**, но и количественно определять отношения между теми или иными ритмическими процессами. В результате, на основе разработанных методов оценок организованности спектров динамических структур, были апробированы алгоритмы и программы анализа функциональной активности сложных систем.

В любом биологическом организме, как целостном образовании, осуществляется реальное разрешение противоречия между *частью и целым*. Гармония при этом выступает как принцип слияния частей (органов) в целое. Орган не может существовать без всего (или вне всего) организма в целом и наоборот организм не существует, если перестает функционировать отдельный орган, не имеющий дублирующего.

Для понимания существа метода ритмического анализа следует иметь в виду, два обстоятельства, определяющие временную динамику существования организма. Во-первых, органы осуществляют свои функции ритмически (сердце, легкие, почки и т.п.), т.е. в наиболее простой, экономичной и распространенной в природе форме самоосуществления во времени. Во-вторых, организм, а, следовательно, и все органы подвергаются ритмическим, равно и аритмическим внешним возмущениям (изменяющиеся температура, давление, механические воздействия внешней среды и т.п.). В таких условиях организм,

как целое, должен "заботиться" о сохранении себя и, следовательно, о сохранении и поддержании вполне определенных отношений между ритмичкой функций различных органов под влиянием эндогенных (внешних) и экзогенных (внутренних) факторов.

Кроме того, организм в целом сильно "привязан" к локальной геокосмической обстановке Земли и солнечной системы: суточное вращение, лунные влияния, годовичное движение земли, солнечные влияния, планетные влияния. Очевидна также и необходимость учета циркадной (околосуточной) активности органов и всех прочих более медленных ритмов, модулирующих более высокочастотные ритмы организма.

Функции всех органов, поддерживающих гомеостаз, т.е. динамическое постоянство различных параметров, функций, ритмов, обеспечивающих жизнедеятельность и развитие организма, могут быть формально описаны через волновую функцию органа, отражающую в своей динамике структуру ритмов других органов. Например, биение сердца модулировано (т.е. параметры биения изменяются) колебаниями других органов и систем организма, поэтому поведение этих органов и систем может быть описано через волновую функцию сердца.

В основу развития соответствующего понятийного языка для формирования концепции гармонии положен следующий принцип, представляющий собой параллель - аналогию между системой звукообразования и системой гармонии биологических организмов (см. табл.1):

Таблица 1
Аналогия между структурой движения музыки и структурой движения биологических систем.

Музыкальный звукообраз как система циклических движений.	Организм как согласованное движение всех циклических колебаний биообъекта.
<i>Что есть звукообраз, как организованное движение?</i>	<i>Что есть биологическая система как организованная динамическая структура?</i>
Амплитудно - частотно модулированные структуры натурального ряда обертонов (20-50 обертонов).	Организм, как единая система циклически организованных функций органов, поддерживающих гомеостаз.
Источник, задающий и перераспределяющий амплитудно-частотные модуляции, - музыкант, композитор.	Взаимодействие органов в целостном организме приводит к амплитудно-частотным модуляциям волновых функций каждого органа.
„Жизнь“ музыкальных звукообразов осуществляется по законам гармонии.	Организм задает и перераспределяет воздействия на органы, приспособляясь к внешним условиям. Согласование осуществляется для выработки состояния организма с минимальными затратами энергии на поддержание его жизнедеятельности.
Звукообраз - целостный волновой феномен, характеризующийся волновой функцией.	Каждый орган – колебательный циклический процесс, которому в соответствие ставится волновая функция.

Разработанная нами концепция гармонии и ее применение к анализу состояния биологических объектов позволили сформулировать новый подход в диагностике заболеваний человека.

Оценка функционального состояния может, в таком случае, определяться мерой гармонии ансамбля циклически функционирующих органов по количественным оценкам их волновых функций, а также взаимных влияний органов друг на друга. При этом понятно, что именно взаимодействие органов между собой и приводит к их взаимным амплитудным и частотным модуляциям. Норма и патология при оценке состояния таких систем видится как гармония или дисгармония, консонанс или диссонанс, смена устойчивых и неустойчивых состояний, синхронизация или десинхронизация ритмов. Здоровый организм можно

сравнить с красиво звучащим аккордом. Таким образом, задача исследования междуоктавного подобия в организации структуры биоритмов - это первая задача, которую следует решать, для того, чтобы приблизиться к пониманию динамического феномена живого.

Как мы уже говорили, главная проблема гармонии – это проблема согласования частей в целом. Как таковая она, следовательно, должна сводиться к количественной соразмерности элементов динамики частей между собой. Всякое *измерение* можно выразить числом. Эйлер заметил, что проблема *соизмеримости различных частей в целом* связана с мультипликативным (изменение через умножение) представлением числа, и даже ввел соответствующую количественную меру [6]. Различные аспекты этой проблемы рассматриваются также в работах [7,8,9].

Введем в качестве меры количественной оценки консонанса *компактность* совокупной частотной структуры *исходного* ансамбля осцилляторов и *порожденных* им биений.

Пусть простейший ансамбль осцилляторов состоит из двух частот: $f_1 = m f_0$ и $f_2 = n f_0$, где m и n натуральные числа, а f_0 – некоторая базовая частота. Тогда

консонансом $C(f_1, f_2)$ частот $f_1 = m f_0$ и $f_2 = n f_0$ назовем *среднее значение относительного удаления частоты биения f_0 от исходных частот f_1 и f_2 :*

$$C(f_1, f_2) = 0.5 (f_0/f_1 + f_0/f_2) \quad (1) \text{ или } C(f_1, f_2) = 0.5 (1/m + 1/n) f_0/f_0$$

Эта формула была основой для практических расчетов.

В таблице 2 приведены значения консонансов основных двузвучий, в случае, когда m и n - взаимно простые числа.

Таблица 2

№	Отношение частот f_1/f_2	Значение консонанса
1	1/1	1.000
2	1/2	0.750
3	2/3	0.416
4	3/4	0.292
5	4/5	0.225

2. Модуляция сердечного ритма как основа экспресс-диагностики

Все привыкли к тому, что мы живем, пока бьется наше сердце. Оно ритмически сокращается с частотой 60 - 70 ударов в минуту. Временное расстояние между ударами сердца все время меняется. Раньше считали, что изменение частоты сердечных сокращений чисто случайно. Такой подход был связан с тем, что сердце, как орган рассматривался только как биологический насос практически автономный от всего организма. Медицина изучала отдельные органы и мало интересовалась их взаимосвязями в организме в целом. Только в последние десятилетия начал определяться ритмический рисунок организма, в котором функционируют в колебательном режиме и каждая клетка, и органы, и функциональные системы. Выяснилось, что ритмы органов находятся в определенной взаимосвязи. Особую роль в этом направлении имеют исследования И.Л. Блинкова, установившего, что частоты спонтанной биоэлектрической активности многих органов и систем выстраиваются в генеральную линию с отношением частот прежде всего 1 : 2, 2 : 3. Небольшая выборка их приведена в таблице 3.

Таблица 3

Орган, система, функция	Частота (Гц)	Период (сек)
Водитель ритма желудочно-кишечного тракта	0,0108	93,0
Ритм восстановления NAD гликолиза	0,0215	46,5

Желудок	0,043	23,3
Нисходящая ободочная кишка	0,0645	15,5
Поперечная ободочная кишка	0,086	11,6
Восходящая ободочная кишка	0,128	7,8
Желчный пузырь (бронхо-легочная системы)	0,172	5,8
Тонкий кишечник	0,256	3,9

Этот необычный результат свидетельствует о том, что ритмическая организация живого подчиняется основным законам гармонии, а именно, что гармония динамических процессов строится по принципу максимального консонанса. Как видно из таблицы 2 максимальный консонанс имеют именно частоты с отношением 1 : 2, 2 : 3, которые известны со времен Пифагора и выражают основную концепцию гармонии музыки, построенной по октавному подобию и квинтовому кругу.

Исследование особенностей консонансной структуры биоритмов человека проводилось по результатам экспериментальной регистрации и обработки динамики частоты сердечных сокращений, поскольку его ритм модулирован ритмами органов.

Сердце человека выполняет две различные функции. С одной стороны - это орган, приводящий в движение кровь, несущую другим органам кислород (энергию), питание, т. е. все необходимое для нормальной жизнедеятельности. Сердце приводит в движение среду жизни органов - кровь, а сами органы через посредство этого движения во взаимодействие. Таким образом, интенсивность жизнедеятельности, по крайней мере физического тела человека, определяется активностью функции сердца, которая поддерживает общий тонус жизни, как отдельных органов, так и всего организма в целом.

С другой стороны, нервная система, координируя активность органов, приспособливает ее к двум целям, к двум *свободным* переменным: к поддержанию жизни органов и к поддержанию жизни всего организма в целом. Поэтому в активности сердца, и, прежде всего, в частоте сердечных сокращений, ее модуляциях, можно надеяться увидеть отражение взаимовлияния органов друг на друга, осуществляемые через кровь; влияния центральной нервной системы (симпатические и парасимпатические); ритмы окружающего мира; влияния деятельности сознания, подсознания (духа человека); высшие духовные влияния.

Понятно, что все эти влияния по-разному проявляют себя во временной динамике частоты сердечных сокращений. Для количественного анализа структуры динамики частоты сердечных сокращений на первом этапе исследования нами производились (не менее, чем 900 секундные) записи электрокардиограммы. По ним измерялись длительности RR - интервалов с течением времени (расстояний между RR зубцами на электрокардиограмме), т. е. зависимость интервалов времени между сокращениями сердца $T(t)$ от времени (ее вид представлен на рис.1):

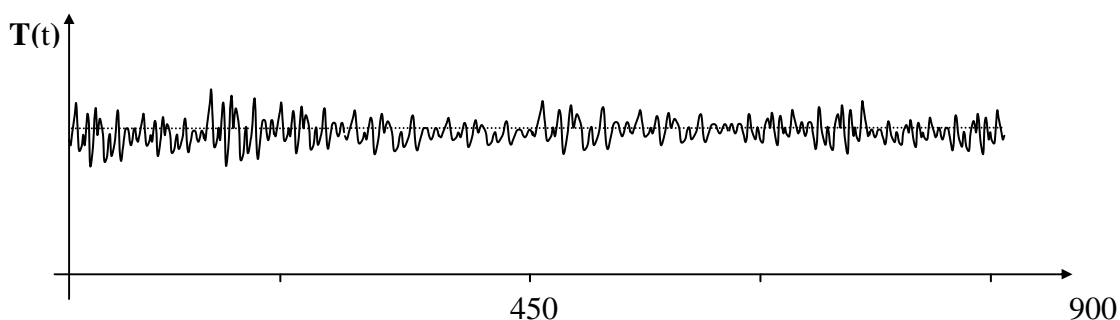


Рис.1 Изменение RR-интервалов от времени (RR-интерваллограмма).

Обработка RR – интерваллограммы позволяла достоверно регистрировать биоритмы в частном диапазоне от 0.004 Гц до 0.5 Гц, т.е. в диапазоне примерно 9 октав. В результате было получено частное представление сигнала RR – интерваллограммы (рис.2) .



Рис.2 Частотное представление RR-интерваллограммы, как функции частоты f , где $S(f) = \int T(t) e^{-i 2\pi f t} dt$, $S(f)$ - Фурье-образ $T(t)$.

Для определения параметров консонансов по разработанной методике нами проводилась обработка частотного спектра RR-интерваллограммы, в котором можно выделить частоты, отвечающие функционированию различных органов и систем человека: желудочно-кишечного тракта, легких, печени и т.д. В гармонии между собой находятся органы человека, нет ли между ними диссонансов, согласованы они между собой и как? Вот вопросы, на которые отвечает методика оценки состояния организма человека с точки зрения музыкальной гармонии.

3. Диагностические признаки

В «Институте Ноосферного Естествознания» был создан прототип компьютерно-диагностического комплекса, позволяющего анализировать ритмодинамику сердечных сокращений и проводить диагностику функционального состояния организма в целом.

Можно привести результаты некоторых исследований.

Для исследования нами были отобраны три группы людей с разным состоянием здоровья: относительно здоровых по клиническим признакам (N), больных (по клиническим показаниям регистрируется какое-либо заболевание, протекающее в активной форме) (NB), сильно больных (с прогнозом возможного летального исхода) (B).

Экспериментальные данные измерений динамики частоты сердечных сокращений во временной и ее представление в частотной области приведены на рис.3-4:

- $T(t)$ - экспериментальная кривая динамики частоты сердечных сокращений во времени;
- $S(f)$ - Фурье-образ $T(t)$, $S(f) = \int T(t) e^{-i 2\pi f t} dt$.

На рисунках 3-4 приведены наиболее характерные результаты измерений частоты сердечных сокращений во времени трех вышеперечисленных групп испытуемых: относительно здоровых «N», больных «NB» и сильно больных «B». Для каждого испытуемого, как характерного представителя каждой группы, на графиках приведены результаты расчета следующих интересных в диагностическом отношении функций: $C(m/n)$ -распределение интенсивности консонансов как функции m/n (рис.5, см. формулу 1).

Из графиков фурье-образов (рис.4) для различных испытуемых видно, что по их форме трудно судить о внутренней организованности исследуемого процесса. Единственный вывод, который можно сделать из наблюдения особенностей $T(t)$ и $S(f)$, связан с особым значением *дисперсии (размаха колебаний)* временных рядов, вызванных частотной модуляцией частоты сердечных сокращений со стороны других органов и систем. Чем выше функциональная активность организма, выше его функциональная мобильность, тем выше размах колебаний (*дисперсия*) динамики $T(t)$.

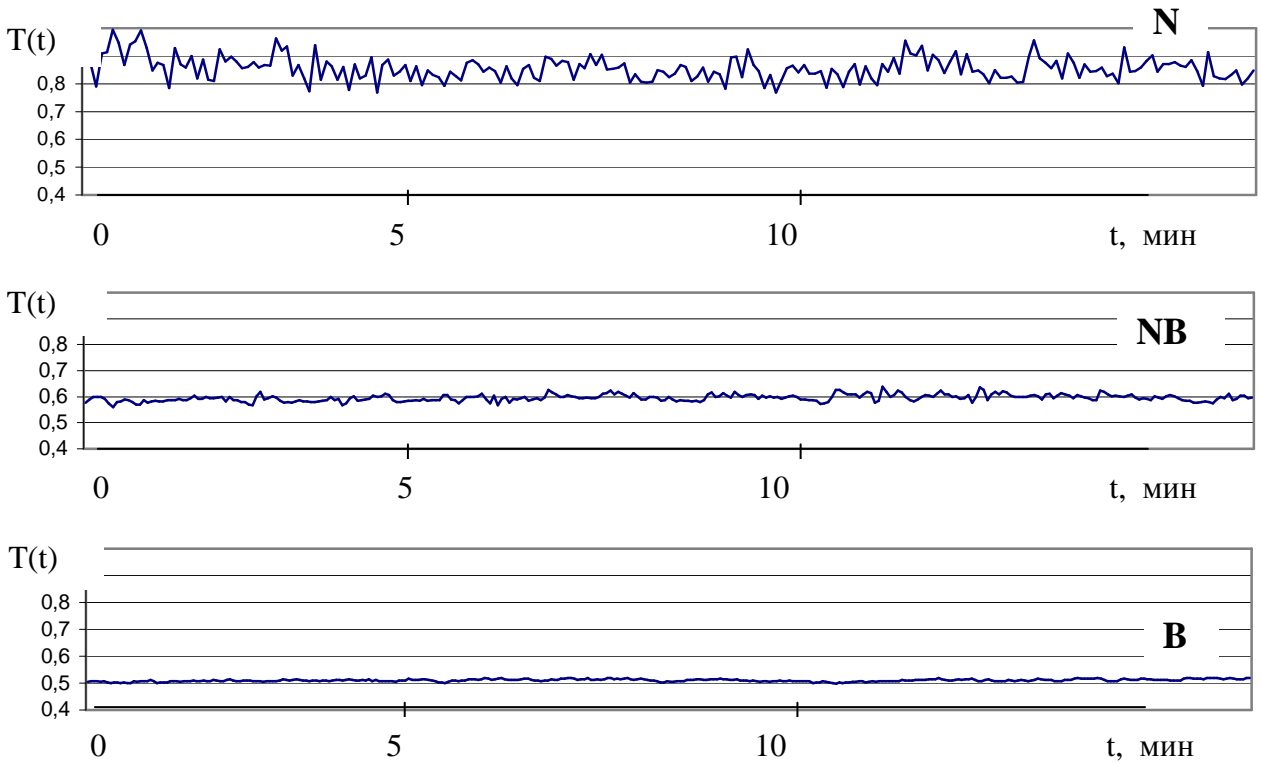


Рис.3 Экспериментальные кривые динамики частоты сердечных сокращений во времени.

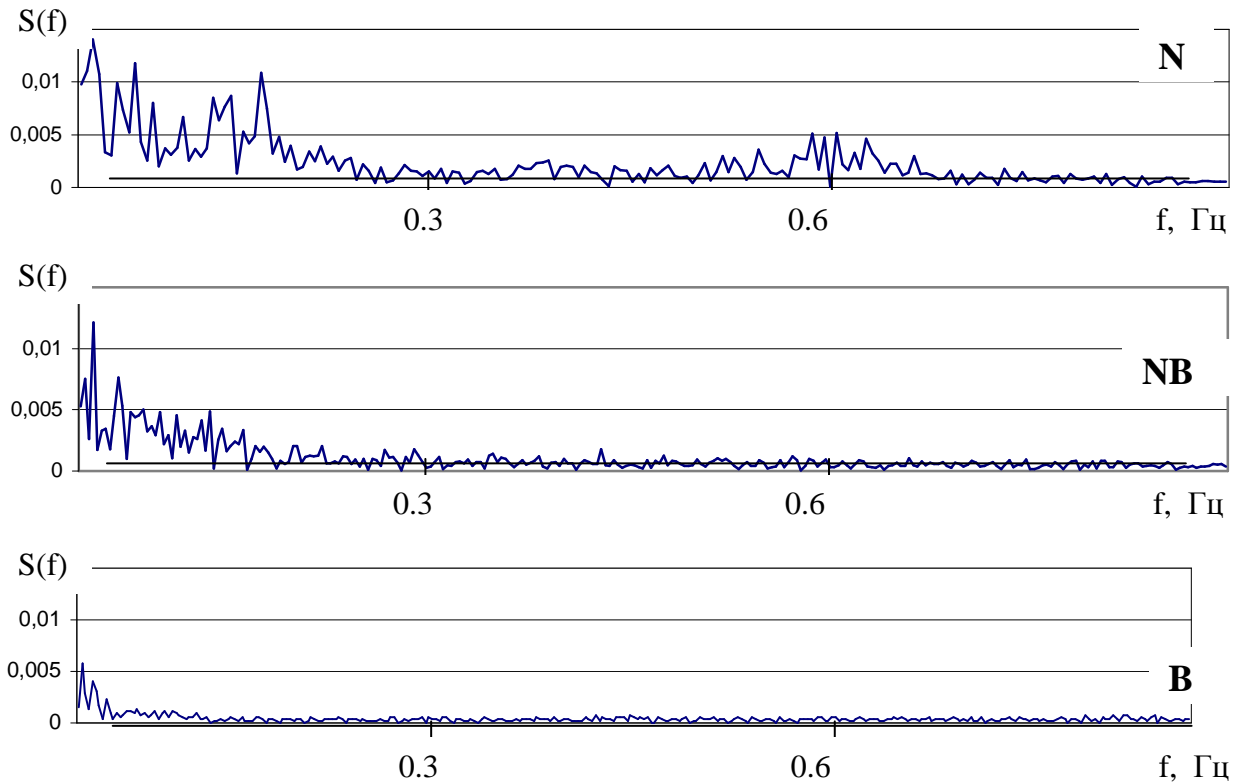


Рис. 4 Фурье-образ $T(t)$

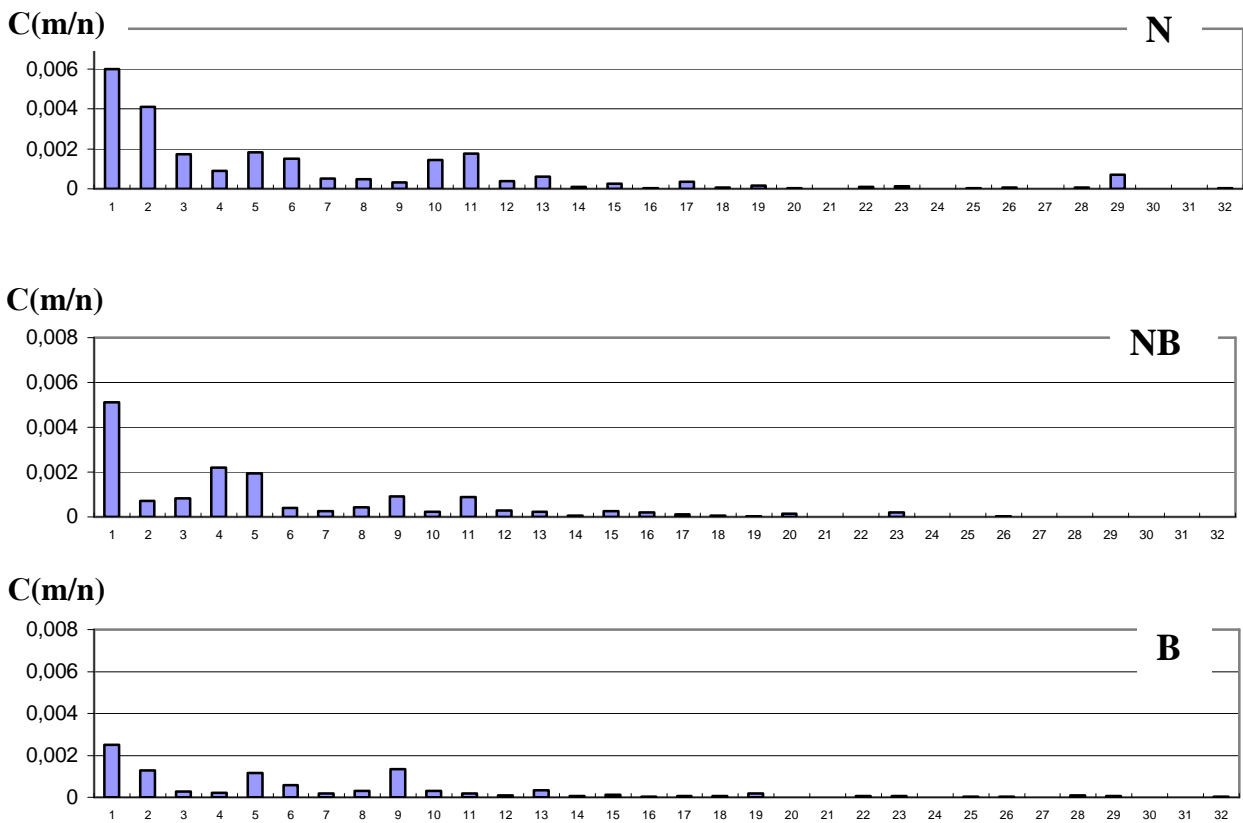


Рис.5 Распределение интенсивности консонансов, как функции m/n , см. формулу 1.

В

активной форме) происходит изменение консонансной структуры спектра, а с увеличением степени заболевания (В – заболевание с прогнозом возможного летального исхода) происходит уже заметное вырождение структуры спектра. Это вырожденное состояние, на фоне общего снижения интенсивности функции распределения консонансов, имеет частотную структуру мажорного аккорда. Сопоставление $C(m/n)$ у различных пациентов обнаруживает следующие закономерности:

- при увеличении степени заболевания изменяется консонансная структура фурье-спектра динамики частоты сердечных сокращений во времени (конкретно это выражается переходом от состояния N в состояние NB);
- снижается удельный вес совершенных ($CC=\{3/2, \dots 7/4\}$) и обычных ($C=\{6/5, \dots 13/7\}$) консонансов по отношению к октавным консонансам ($C_0=\{1/2\}$), а удельный вес диссонансов, имеющих значения $D=\{9/8, \dots 16/15\}$, $DD=\{17/16, \dots 33/32\}$ растет.

Переход от состояния здорового человека в состояние сильно больного характеризуется при общем снижении дисперсии частоты сердечных сокращений вырождением спектра консонансов: интенсивность всех консонансов уменьшается. При этом вид функции спектра консонансов у здоровых и сильно больных оказывается примерно одинаковым. Из вида распределения $C(m/n)$ следует, что при наличии заболевания происходит изменение консонансной структуры, а именно, уменьшение удельного веса совершенных консонансов $3/2$ и $4/3$, т.е. на фоне общего уменьшения интенсивности консонансов значение консонансов $3/2$ и $4/3$ уменьшается более значительно. У сильно больного человека (рис. 5.В) структура консонансов и диссонансов обедняется и остается, фактически, частотная структура мажорного аккорда (см. консонансы под номерами 1,2,5, которым соответствуют отношения частот: 1, $3/2$ и $5/4$). Это означает, по-видимому, утрату организмом человека внутренней лабильности, утрату внутренней *системы устойчивых состояний*. Организм при этом как бы теряет способность создавать внутри самого себя систему различных устойчивых в динамическом отношении состояний и двигаться в них.

Поскольку функции живого организмы ритмически, то актуальной проблемой сохранения жизни является согласование этих функций во времени с наименьшими

затратами жизненной энергии организма. Поэтому в здоровом организме органы и функциональные системы находятся в такой ритмической взаимосвязи, что суммарный консонанс системы стремится к максимуму. Последнее и означает минимизацию затрат организма на согласование внутренних ритмов. Болезнь в этом случае интерпретируется, как **смещение** внутренней организованности в сторону рассогласованности колебаний органов, которая в музыке называется диссонированием.

Таким образом, **исчисление консонансов биоритмов, наведенных на сердце другими органами, дает целую систему диагностических признаков. Такой подход позволяет сформировать новое диагностическое пространство, новый диагностический язык.** Главная особенность этого языка – его способность выражать содержание согласованности динамики функций органов, их взаимосвязи, их гармонии или дисгармонии.

Этот вывод напрямую относится к диагностике стресса. При стрессе наблюдаются существенное рассогласование ритмов дыхания и сердца. Это показали проведенные исследования в Московском стоматологическом университете.

Литература

1. Алякринский Б.С., Степанова С.И. По закону ритма. М., 1985.
2. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. М., 1981.
3. Дубров А.П. Симметрия биоритмов и реактивности М., 1987.
4. Емельянов И.П. Структура биологических ритмов в процессе адаптации. Статистический анализ и моделирование. Новосибирск, 1986.
5. Уинфри А.Т. Время по биологическим часам. М., «Мир», 1990.
6. Музыка и математика. –(Под ред. Г.фон Карояна), М., «Наука», 1994.
7. Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П. Золотое сечение., М., «Стройиздат», 1990.
8. Авдеев Л.В., Иванов П.Б. Математическая модель восприятия звукорядов. Дубна. 1990.
9. Современная картина мира. Формирование новой парадигмы. - Сб. статей, М., 1997.

Исследование физиологических реакций пациентов на стоматологическом приеме по данным вариационной пульсометрии и спироинтервалометрии

Повышение качества стоматологического приема в настоящее время является актуальной практической задачей. Технологии проведения стоматологических процедур сегодня еще далеки от желаемой степени совершенства и для многих пациентов ассоциируются с возникновением стрессовых ситуаций, связанных с перенесением различных неудобств и болевых ощущений, что, конечно, негативно влияет на отправления функций различных жизненно важных функциональных подсистем и организма в целом. В этой связи представляет большой интерес практическая реализация диагностики функционального состояния, объективного контроля изменений физиологических параметров человека на стоматологическом приеме.

В настоящее время оценка состояния пациента осуществляется в основном врачом субъективно по результатам собственных наблюдений или по показаниям самого пациента. Для успешности восстановительного лечения и выработки оптимальной лечебной стратегии очень важно иметь обратную связь с изменением функционального состояния пациента, по результатам объективной оценки эффектов производимого воздействия еще задолго до появления явно отрицательных физиологических реакций. Отсутствие таких средств зачастую приводит или к затруднениям в проведении лечебных процедур или даже невозможности их дальнейшего продолжения.

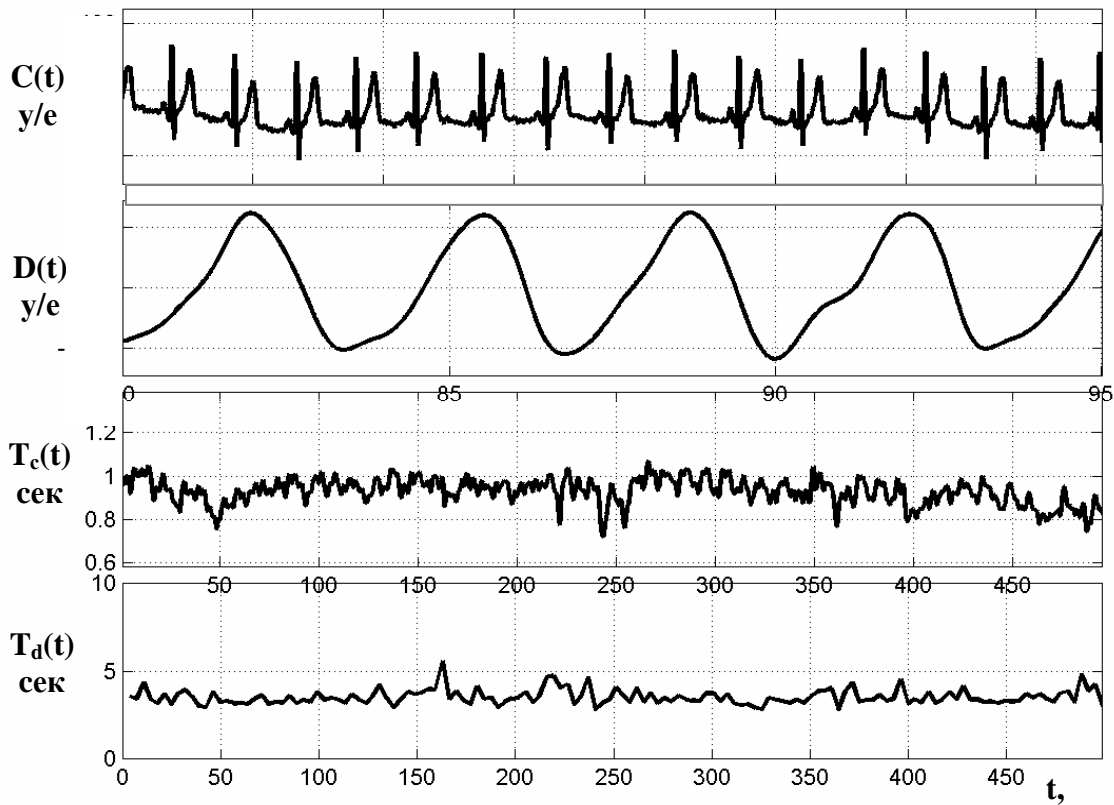
Целью настоящего исследования явилась разработка средств и методики экспресс диагностики функционального состояния организма человека в условиях проведения стоматологических процедур, а также оценка эффективности, выбранных нами для этой цели методик вариационной пульсометрии и спироинтервалометрии. При этом решались следующие конкретные задачи: отрабатывались критерии оценки физиологических изменений состояния пациента, его утомляемости; отрабатывались технические аспекты технологии экспресс мониторинга утомляемости пациента в реальном времени и в перспективе проведение определенной работы по прогнозированию состояний и физиологических перегрузок, угрожающих здоровью пациента.

В 70 годах был проявлен известный интерес к исследованию биоритмов живых организмов. Это позволило накопить и классифицировать богатый эмпирический материал [1,2,4,6,7], послуживший основанием для создания методики вариационной пульсометрии, которая к настоящему времени имеет достаточно развитые традиции практического использования [2,3,8,9,11,14]. Вместе с относительно недавно начавшей применяться методикой вариационной спироинтервалометрии они используются в различных направлениях теоретической и практической медицины.

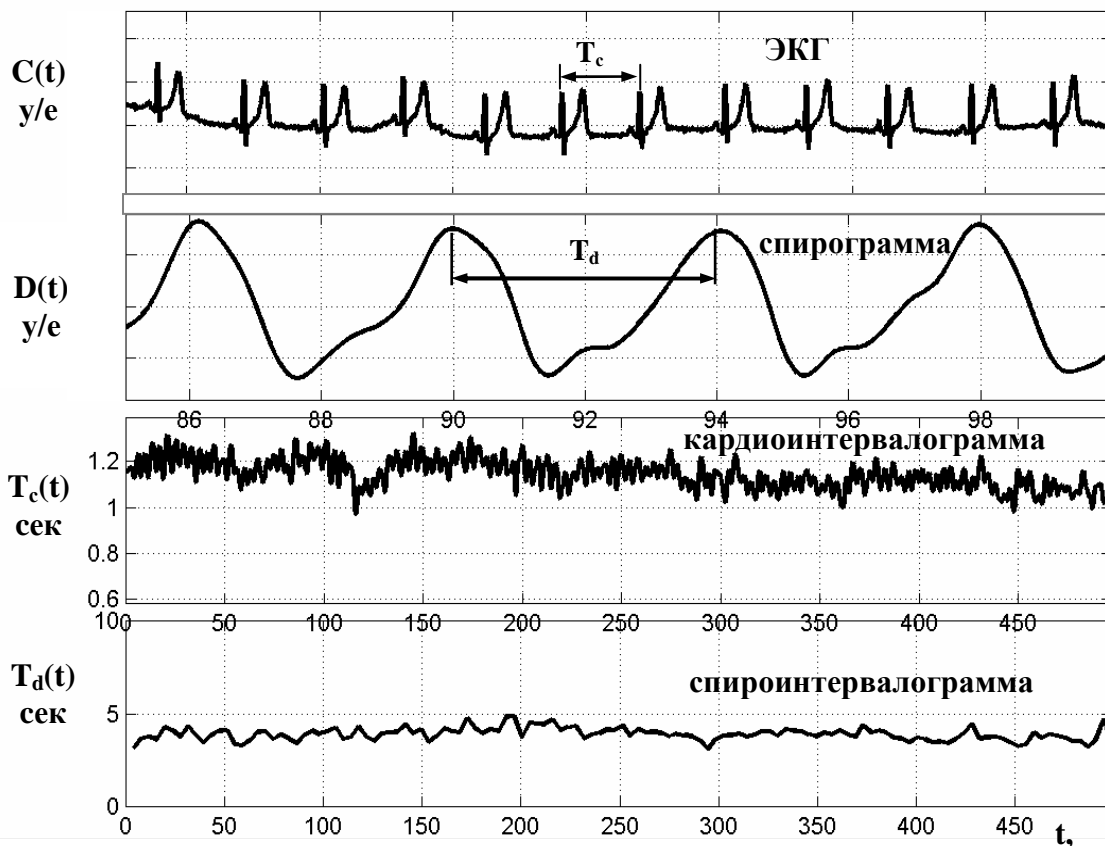
В указанных областях широко применяются методы частотного анализа ритмограмм. Было показано [1,2,4], что влияние ЦНС на регуляцию сердечно-сосудистого гомеостаза проявляется в изменениях интенсивности спектра частот ритмограммы сердца в ультранизком частотном диапазоне (0 – 0.04 Гц), а вегетативной нервной системы (ВНС) в диапазоне 0.04 – 0.4 Гц. Разными авторами для оценки влияний ЦНС и ВНС используются параметры фрактальной организации стохастических компонент динамики ЧСС [3,13].

При разработке данной темы мы стремились привлечь во внимание, два обстоятельства, определяющие временную динамику изменения состояния организма. Во-первых, органы осуществляют свои функции *ритмически* (сердце, легкие, кишечник и т.п.), т.е. в наиболее простой, экономичной и распространенной в природе динамической форме самоосуществления во времени. Во-вторых, организм (а, следовательно, и все органы) подвергаются не только ритмическим, но и аритмическим внешним возмущениям (изменяющиеся температура, давление, механические воздействия внешней среды и т.п.). В таких условиях организм, как целое, должен "заботиться" о сохранении себя и,

следовательно, о сохранении и поддержании вполне определенных отношений между ритмикой



а) до проведения процедуры



б) после проведения процедуры

Рис.2. Исходные записи ЭКГ и спирограммы, интервалограммы сердца и дыхания до и после проведения стоматологического приема пациента А..

функций различных органов под влиянием эндогенных и экзогенных факторов. Кроме того, организм в целом сильно "привязан" к локальной геокосмической обстановке земли и солнечной системы: суточное вращение, лунные влияния, годичное движение земли, солнечные влияния, планетные влияния. Очевидна также и необходимость учета циркадной активности органов и всех прочих более медленных ритмов, модулирующих более высокочастотные ритмы жизнедеятельности организма.



При реализации данной методики использовалась специально разработанная для этой цели программа «Kon-DI», которая непосредственно предназначена для проведения исследовательской работы по диагностике изменений функционального состояния организма человека по параметрам гармонии/дисгармонии биоритмов, в частности считываемых с электрокардиограммы сердца. Комплекс позволяет осуществлять ввод физиологической информации; проводить анализ гармонии временной и частотной структуры ЧСС; визуализировать

показатели гармонии биоритмов; накапливать в базе данных результаты наблюдений за пациентами; проводить статистический анализ результатов наблюдений и документировать результаты обработки и диагностирования. Основная рабочая панель пользовательского интерфейса представлена на рис.1

Материал и методы

В результате проведенного исследования проведена запись физиологических параметров 15 человек, проходивших различные лечебные процедуры на стоматологическом приеме.

Производились записи ЭКГ II стандартного отведения $C(t)$ и периметра грудной клетки $D(t)$, условно называемая нами – спирограмма (см. рис.2) в течение 10 мин до и после проведения стоматологических процедур, и с частотой квантования 250 Гц вводились в ЭВМ. Характерные примеры записи исходных данных физиологических параметров электрической активности сердца и дыхания, и полученных в результате обработки пульсовых кривых приведены на рис.2.

По этим исходным данным дальнейшая обработка проводилась в следующей последовательности:

- временные ряды $C(t)$ и $D(t)$ подвергались предварительной цифровой фильтрации с целью удаления различных артефактов и высокочастотных помех;
- выполнялся переход в функции $T_c(t)$ от неравномерных дискретных отсчетов времени к равномерным (тем самым создаем возможность достоверно регистрировать биоритмы в частном диапазоне от 0.04 Гц до 0.5 Гц, т.е. в диапазоне примерно 7 октав;
- на основе обработанных $C(t)$ и $D(t)$ получались ритмопульсограмма $T_c(t)$ и ритмоспирограмма $T_d(t)$, которые представлены на рис.2 и 3;

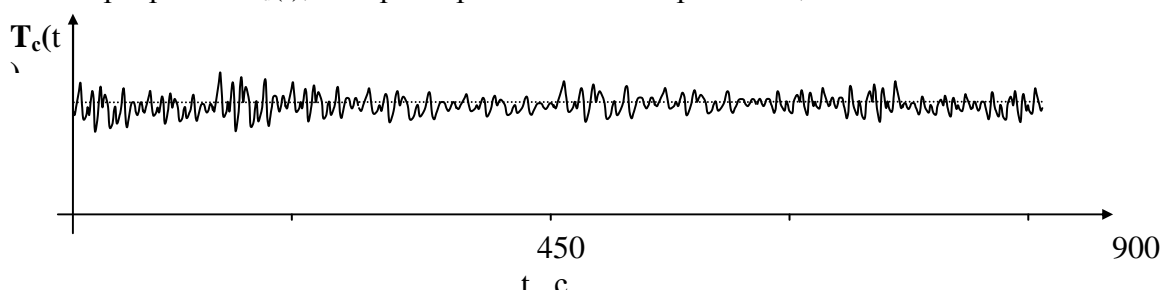


Рис. 3 RR-интерваллограмма $T_c(t)$, как функция времени.

- по кривым $T_c(t)$ и $T_d(t)$ рассчитывались их гистограммы и определялись первые четыре статистических момента;
- с помощью быстрого преобразования Фурье осуществлялся переход от временного к частотному представлению сигнала RR – интерваллограммы;
- определялась суммарная интенсивность спектральных компонент ΔF_1 , ΔF_2 , ΔF_3 соответственно в трех частотных диапазонах (0 – 0.04), (0.04 – 0.14), (0.14 – 0.4) см. рис.4.;

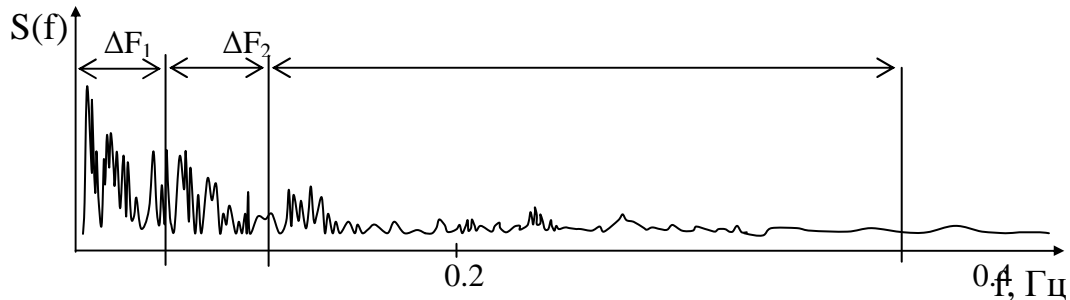


Рис. 4. Спектр ритмограммы сердца, частотные полосы интегральных оценок интенсивностей спектра.

Примеры характерных (80% от общего числа измеренных) и не характерных (20%) изменений показателей функционального состояния пациентов до и после проведения процедур приведены в таблицах 1 и 2.

Табл.1

Примеры характерных изменений показателей функционального состояния пациентов до и после проведения процедур.

№ пац иен та	Момент записи относительно проводимых процедур	Ср. значение параметра			
		$R(C,D)$	$4F_d/F_c, o.e$	$6\sigma, c$	$A_{\Delta F2}$
1	до	-0.24	0.99	0.41	43
	после	-0.11	0.73	0.31	28
2	до	-0.22	1.35	0.30	29
	после	-0.08	1.20	0.26	32
3	до	-0.19	6.35	0.58	57
	после	0.05	2.94	0.40	48
4	до	-0.48	1.94	0.34	26
	после	-0.40	1.79	0.21	22

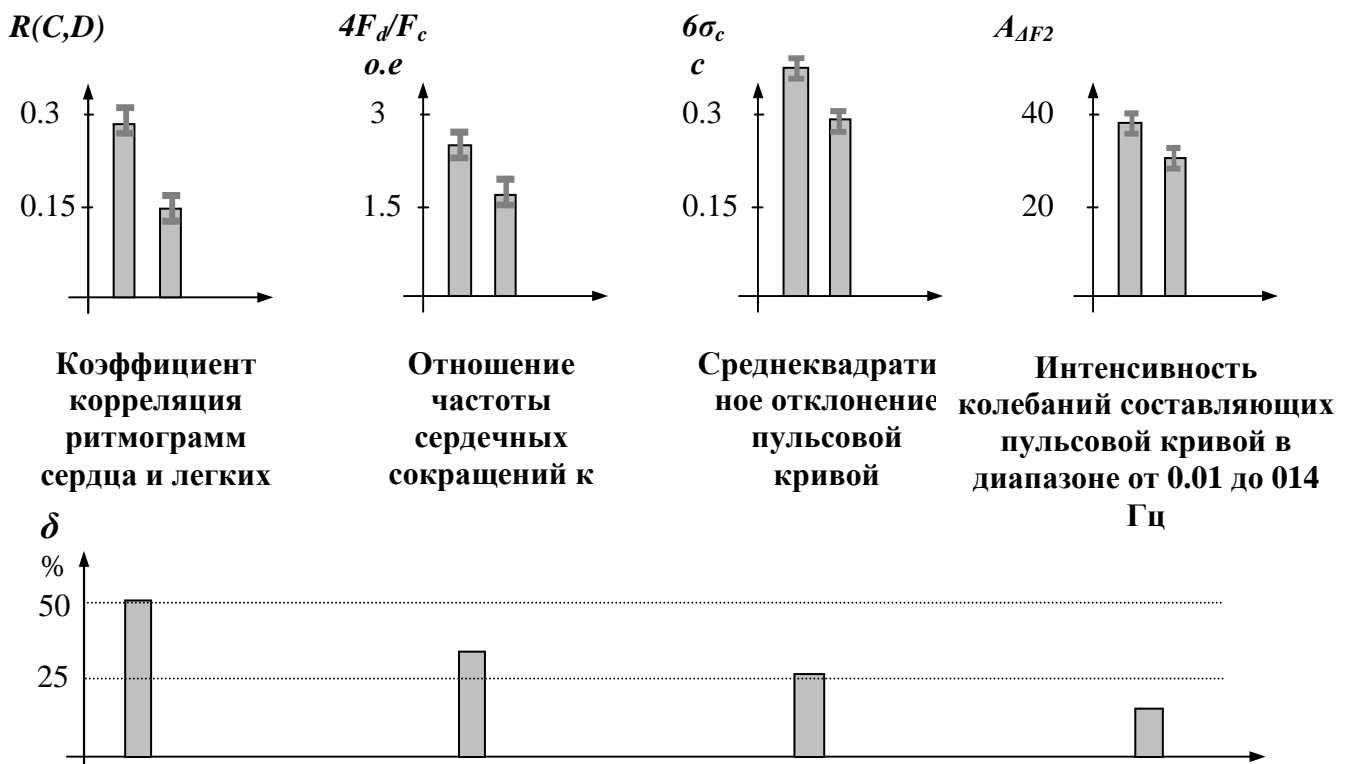
Табл.2

№ пац иен та	Момент записи относительно проводимых процедур	Ср. значение параметра			
		$R(C,D)$	$4F_d/F_c, o.e$	$6\sigma, c$	$A_{\Delta F2}$
1	до	0.02	9	0.25	59
	после	0.09	5	0.32	57
2	до	-0.05	8	0.77	50
	после	-0.07	3	0.80	48
3	до	-0.16	3	0.15	50
	после	-0.2	4	0.13	57

Усредненные значения параметров функционального состояния пациентов до и после проведения процедур приведены в таблицах 3.

Табл.3

	Ср. значение параметра			
	$R(C,D)$	$4F_d/F_c, o.e$	$6\sigma_c, c$	$A_{\Delta F2}$
до процедуры	-0.28	2.6	0.41	39
после процедуры	-0.14	1.7	0.30	33
Абсолютное изменение	-0.14	-0.9	-0.11	-6
Относительное изменение, %	-51%	-35%	27%	-15%



Выводы

1. Параметры ритмограмм сердца и легких позволяют производить объективную оценку изменений (утомляемости) состояния пациентов, возникающих в результате психофизиологических нагрузок на стоматологическом приеме;

2. У основной части пациентов (80%) обнаруживаются устойчиво регистрируемые изменения физиологических показателей по параметрам ритмограмм сердца и легких, свидетельствующие о снижении интенсивности гомеостатических реакций ЦНС и ВНС, возникающих в результате различной степени утомления у пациентов; на фоне общих

тенденций у 20% пациентов обнаружены нехарактерные изменения состояния, связанные на наш взгляд с разными причинами, к которым относятся следующие:

- первичное (или после длительного перерыва) посещение стоматологического кабинета;
- перенесение острых болевых ощущений во время процедур;
- предварительное утомление или прохождение процедур в состоянии заболевания.

3. Из 30 параметров, рассчитываемых на основе исходных ритмограмм наиболее значимыми для диагностики изменений функционального состояния явились следующие:

- коэффициент корреляции пульсограмм сердца и легких;
- отношение частоты дыхания к частоте сердцебиения;
- СКО вариабельности сердечного ритма;
- интенсивность спектра кардиопульсограммы в диапазоне средних частот (по Баевскому).

4. Данное исследование показало значимость диагностики изменений функционального состояния человека прежде всего по параметрам связи, отношений различных функциональных систем (в нашем случае дыхательной и кровеносной), и подтвердило важность для решения практических задач диагностики таких подходов, когда организм человека рассматривается как единое целое.

Литература

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979
2. Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Нидеккер И.Г. Математические методы анализа сердечного ритма. М.: 1968
3. Виленский Б.С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение. Ст-Петербург, 1999, 10-15
4. Илюхина В.А., Хабаева З.Г., Никитина Л.И., Медведева Т.Г., Мовсесянц С.А., Миничева Т.В., Кожушко Н.Ю., Орлов А.В. Сверхмедленные физиологические процессы и межсистемные взаимодействия в организме. Л.: Наука, 1986. 191с.
5. Калакутский Л.И. Вариационная пульсометрия в телемедицинских системах. Материалы 1-го Российского научного форума «МедКомТех 2003»
6. Карпенко А.В. Использование статистических характеристик сердечного ритма для оценки умственной работоспособности //Физиология человека. 1986, т.12, №3, с.426-431
7. Лившиц М.Е. Статистические исследования показателей регуляции сердечного ритма //Физиология человека. 1987. т.13, №6, с.960-963
8. Музалевская Н.И., Урицкий В.М. Стохастические методы функциональной диагностики и коррекции в медицине. В кн.: «Телемедицина: новые информационные технологии на пороге XXI века» Ст. Петербург 1998, с.209-243
9. Музалевская Н.И., Урицкий В.М., Олимов Н.Х. Фрактальные принцип гомеостатической регуляции. Труды Русского физиологического конгресса. Ростов на Дону, 1998
10. Урицкий В.М. Пакет программного обеспечения для выделения и анализа флюктуаций RR-кадиоинтервала (1999-2001). Urisky @ pop600.gsec.nasa.gov.
11. Урицкий В.М., Музалевская Н.И. Фрактальные структуры и процессы в биологии (обзор). Биомедицинская информатика. Ст. Петербург, СПИИРАН, 1995, с. 84-129
12. Розенблат В.В. Проблема утомления. М.: Медицина, 1975
13. Peng C., Hausdorff J., Halvin S. et al. Multiple-time scales analysis of physiological time series under neural control. Physical A, 1998, 249, 1-4, 491-500
14. Фролов М.В., Милованов Г.Б. Электрофизиологические помехи и контроль состояния человека-оператора. М., изд. «Эдиториал УРСС», 1996