

ФУРЬЕ-АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНИХ ИНТЕРВАЛОВ RR (RRNN) У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КЛИНООРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ

[В. Ю. Куликов, Е. А. Арчибасова](#)

*ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава
России (г. Новосибирск)*

При фиксированных состояниях в условиях проведения клиноортостатической пробы формируются достаточно специфические информационные (частотные) паттерны, отражающие структуру взаимодействия между собой отделов вегетативной нервной системы и метаболизма. Проведенный Фурье-анализ показал, что в рамках определенного частотного диапазона возможно наличие субчастотных компонент, отражающих, как нам представляется, частотную и временную информационную неоднородность регуляторного сигнала, которая может быть связана с морфофункциональными особенностями и гетерогенностью эффекторных звеньев вегетативной нервной системы и метаболических систем в целом.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, Фурье-анализ, информация, вегетативная нервная система.

Куликов Вячеслав Юрьевич — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Арчибасова Елена Алексеевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет», рабочий телефон: 8 (383) 225-07-37

Введение. Биологические системы обмениваются между собой и со средой энергией, структурой и информацией, взаимодействие между которыми реализуется на всех уровнях организации живого, свидетельствуя об универсальности регуляторных механизмов, закрепленных в эволюции. По-видимому, осмысление специфики

энергоинформационного обеспечения той или иной функции является важным звеном как в понимании фундаментальных механизмов регуляции, так и реализации комплексных и принципиально новых корректирующих воздействий. В первую очередь есть смысл коснуться понятия информации, которое рассматривается либо с позиции классического математического анализа, что было предпринято К. Шенноном [1], либо как элемента эволюции живой материи, обусловленной совокупными свойствами её составляющих — биоорганического вещества, химической энергии и молекулярной информации [2]. Рассматривая весь комплекс факторов, имеющих информационную компоненту, можно выделить информацию структуры и информацию действия, которые дополняют друг друга.

К информации структуры можно отнести, в первую очередь, весь класс гормонов, а также макромолекулярные структуры, ответственные за поддержание иммуно-структурного гомеостаза. Информация действия закодирована в тех электрических процессах, которые реализуются в нейрональных сетях и регуляторных контурах с участием отделов вегетативной нервной системы (ВНС). В основе кодирования этой информации лежит известный бинарный принцип (0 либо 1), который с позиции физиолога обозначается как принцип «все или ничего». Этот принцип основывается на взаимоотношениях между локальным ответом клетки, который суммируется и не распространяется по мембране (обозначается как 0), и потенциалом действия, возникающим при достижении заряда мембраны до критического уровня деполяризации (обозначается как 1). Так, при увеличении силы воздействия амплитуда потенциала действия (ПД) не изменяется, а изменяется частота генерации ПД, что и лежит в основе частотного принципа кодирования информации действия в биологических системах. Таким образом, информационный паттерн может быть, естественно условно, представлен как чередование символов 0 и 1, например: при доминировании локального ответа он, чисто теоретически, может быть представлен как 0, 0, 0, 0, 0, т. е. в этом случае не генерируется потенциал действия, и нет передачи информации. При увеличении силы воздействия информационный паттерн может выглядеть как 1, 1, 1, 1, 1, т. е. в этом случае информационный канал будет «заполнен» полностью и т. д. Возможны и переходные состояния. Частота распространения ПД, а значит и резервные возможности канала передачи информации, лимитируется соотношением скоростей де- и реполяризации, связанных с функцией Na^+ - и K^+ -каналов, а также активностью K/Na-ATазы , восстанавливающей мембранный потенциал покоя и реактивность нервного волокна. По существу морфофизиологические свойства нервных волокон, как каналов передачи информации, определяют предельные скорости передачи потенциала действия, а значит и информации. В этом плане достаточно хорошо известна физиологическая значимость различных скоростей проведения ПД миелиновыми и немиелиновыми волокнами.

Таким образом, частотный, бинарный принцип кодирования информации действия позволяет представить или закодировать любое натуральное число и любую другую информацию: тексты, картинки, фильмы и звукозаписи.

Исходя из классических работ о частотном принципе регуляции *вариабельности ритма сердца* (ВРС) [3], становится понятным тот факт, что каждый из отделов ВНС функционирует строго в своем частотном диапазоне (HF — частота работы парасимпатической системы, LF — соответственно симпатической). Частотный диапазон представленных как VLF формируется за счет колебательных процессов гормональных и медиаторных систем, скоростные характеристики которых, естественно, уступают таковым отделов ВНС. Действительно, по данным В. М. Михайлова, парасимпатическая

система считается высокочастотной. При непрерывной стимуляции блуждающего нерва латентный период составляет около 200 мс, изменения частоты сердечного ритма лежат в пределах 0,15–0,4 Гц, формируя быстрые высокочастотные волны (HF). У симпатикуса латентный период составляет 1–3 с, а волны, обусловленные его колебаниями, называют низкочастотными (LF). Самой медленной системой регуляции является гуморально-метаболическая система, диапазон частот лежит в пределах 0,04, так называемые очень медленные волны (VLF) [4]. Выделение указанных частотных диапазонов регуляции ВРС подразумевает наличие в них субчастот, анализ которых важен с позиции системной регуляции сердечного цикла в целом.

Следовательно, информационный паттерн можно представить как периодическую функцию, имеющую колебательный характер, и в связи с этим она может быть разложена в ряды Фурье. Но представление в виде рядов Фурье достаточно удобно не только для периодических функций. Предлагается использование указанных рядов для выявления преобладающих частот в процессах, которые описывают биологические явления и имеют колебательный характер, хотя и не являются строго периодическими [5]. Развивавшаяся на протяжении почти двух столетий теория, связанная с преобразованием Фурье, теперь уже окончательно сформировалась [6].

Цель работы: оценить изменения средних интервалов RR (RRNN) с использованием преобразования Фурье в условиях проведения клиноортостатической пробы у практически здоровых лиц молодого возраста.

Материал и методы. Было обследовано 38 практически здоровых лиц (студентов) в возрасте 18–19 лет. Запись кардиоинтервалограммы выполняли с использованием модифицированного аппаратно-программного комплекса фирмы «Нейрософт», КардиоБос [7]. Для анализа были использованы показатели RRNN, реально отражающие характер изменения ВРС. RRNN (мс) — среднее значение интервалов RR. Запись кардиоинтервалограммы проводилась в течение 5 мин последовательно: в положении стоя — 1, сидя — 1, лежа, снова сидя — 2 и стоя — 2. Полученные результаты обрабатывались с использованием пакета прикладных статистических программ: Excel 7.0, Statistika 7.0.

Результаты исследований. На рис. 1 показано изменение RRNN на этапах проведения клиноортостатической пробы.

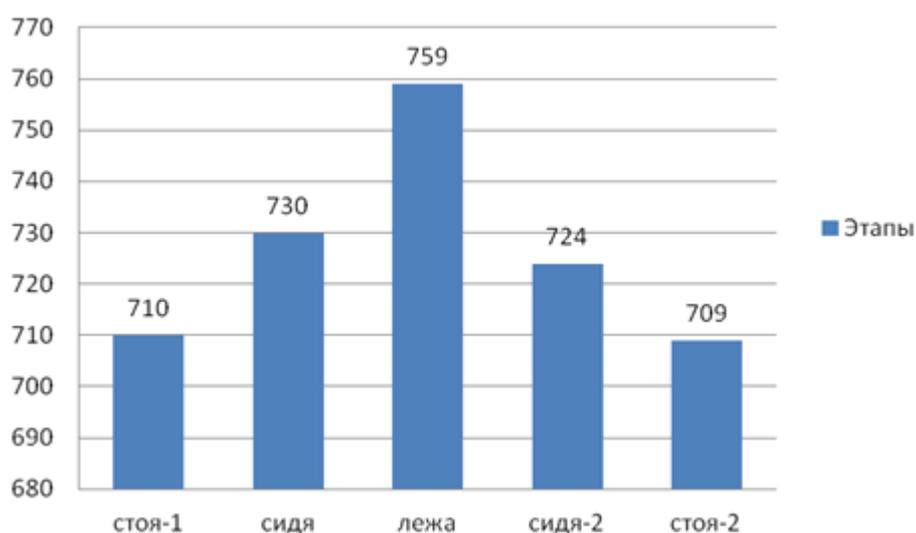


Рис. 1. Изменение величины RRNN на всех этапах проведения клиноортостатической

пробы. Уровень достоверности между стоя — 1, 2 и лежа, $P < 0,03$

Как видно из представленного графика наибольшие изменения RRNN регистрируются в положении лежа. При положении стоя — 2 наблюдается возвращение этой величины к исходному уровню.

На практике при анализе данных обычно не очень важно точно определить частоты основных функций синусов или косинусов. Значения периодограммы — объект существенного случайного колебания, можно столкнуться с проблемой многих хаотических пиков периодограммы. В этом случае целесообразно выделить частоты с большими *спектральными плотностями*, т. е. частотные области, состоящие из многих близких частот, которые вносят наибольший вклад в периодическое поведение всего ряда. Это может быть достигнуто путем сглаживания значений периодограммы с помощью преобразования взвешенного скользящего среднего, что и использовано в приводимых ниже графиках.

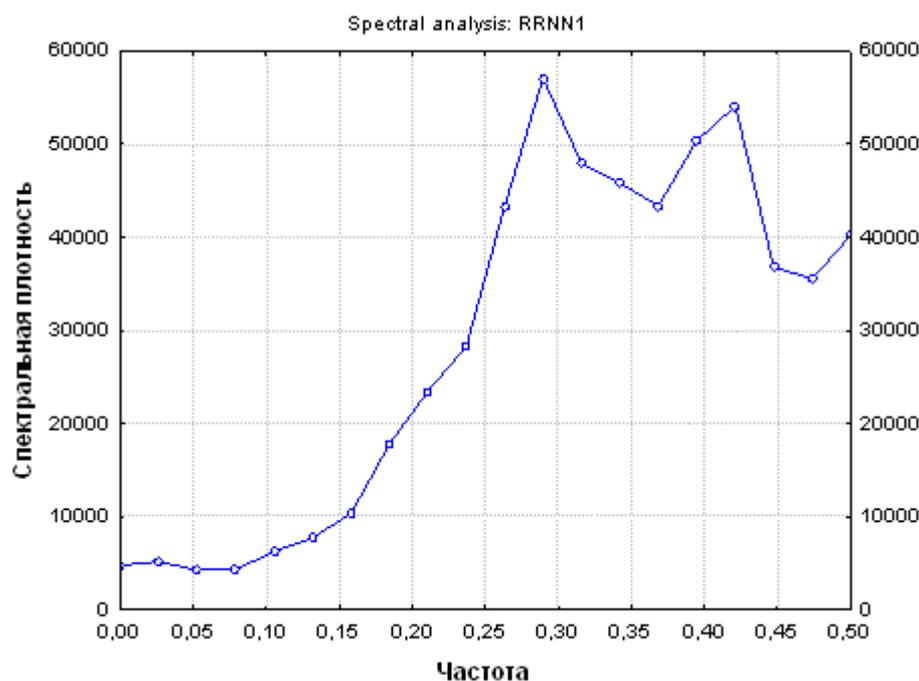


Рис. 2. Спектральный анализ (спектральная плотность) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении стоя — 1

На рис. 2 представлен частотный анализ спектра в виде спектральной плотности интервалов RRNN у практически здоровых лиц в положении стоя — 1. Наглядно видно, что частотный диапазон захватывает среднюю и высокочастотную области, не распространяясь на низкочастотный фрагмент, который при данном состоянии практически не функционирует. Проведенный Фурье-анализ также показал, что в рамках определенного частотного диапазона возможно наличие субчастотных компонент, отражающих, как нам представляется, частотную и временную информационную неоднородность регуляторного сигнала, которая может быть связана с морфофункциональными особенностями и гетерогенностью эффекторных звеньев ВНС и метаболических систем в целом. Выявление субчастот стало возможным при Фурье-анализе *периодограмм* (рис. 3).

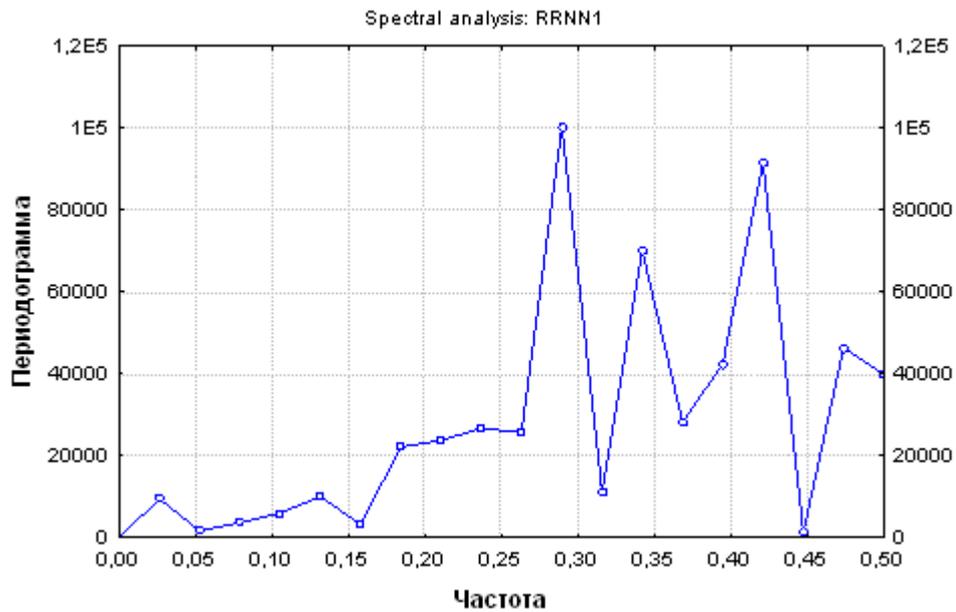


Рис. 3. Спектральный анализ (периодограмма) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении стоя — 1

Так, анализируя между собой частотные диапазоны в положении стоя (рис. 2 и 3), можно сделать вывод о том, что в высокочастотном диапазоне присутствует 4 субдиапазона, наглядно свидетельствующих о гетерогенной структуре информационного сигнала. Аналогичная закономерность была выявлена и при углубленном спектральном анализе информационной компоненты при состоянии сидя — 1 (рис. 4 и 5).

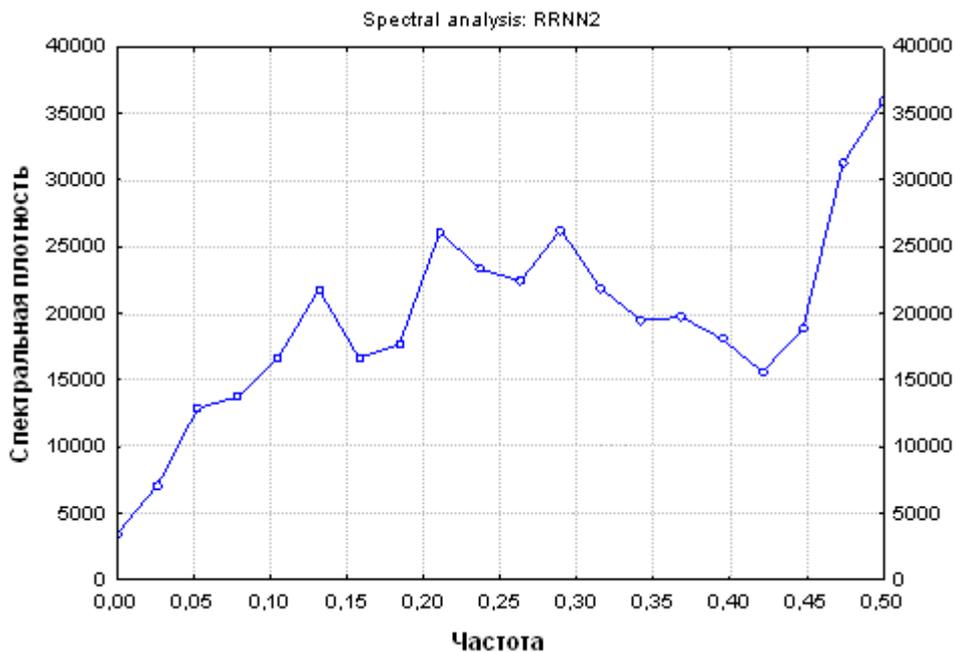


Рис. 4. Спектральный анализ (спектральная плотность) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении сидя — 1

Как видно из данных, представленных на рис. 4, ранее существовавшие частоты «рассеиваются» на близкие субчастоты, отражая включение в регуляторный цикл новых информационных систем, «работающих» в другом (низкочастотном) диапазоне, что характерно для нахождения биосистемы в новом пространственно-временном континууме, сопровождающемся перераспределением нагрузки между отделами ВНС и метаболизмом.

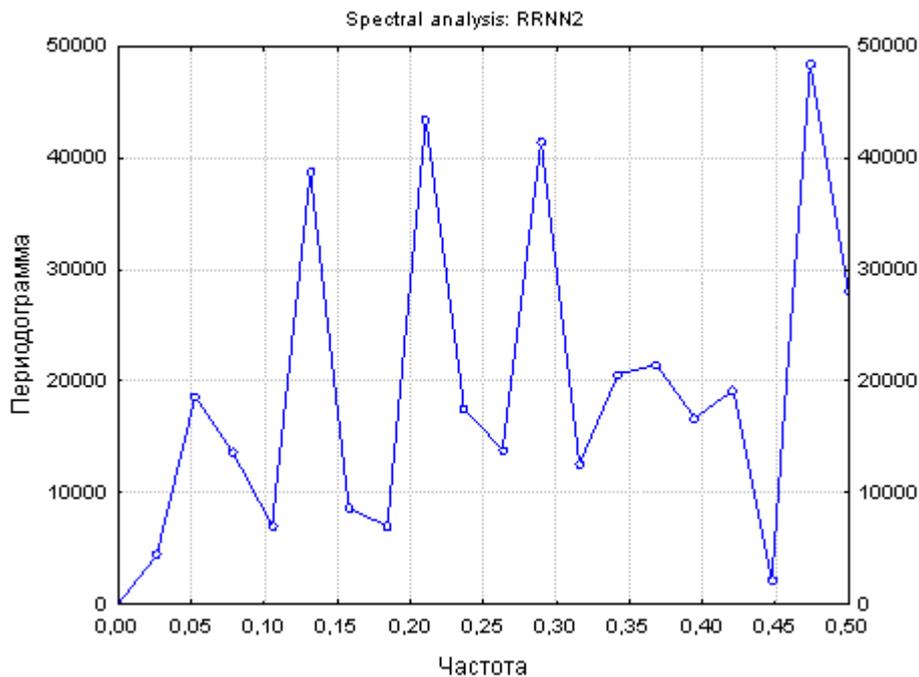


Рис. 5. Спектральный анализ (периодограмма) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении сидя — 1

На рис. 5 видно, что в изучаемом частотном диапазоне можно выделить, по крайней мере, 6-7 частотных субдиапазонов, участвующих в регуляции частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Достаточно стохастический характер взаимодействия между информационными системами в условиях сидя — 1 приобретает новые черты при переходе в состояние лежа, когда регуляция как артериального давления (АД), так и ЧСС связана с активацией парасимпатического отдела и торможением симпатического отдела ВНС. В этом состоянии на спектрограмме четко выделяются три частотных диапазона. Во-первых, это низко- и высокочастотные диапазоны, во-вторых, это самостоятельный среднечастотный диапазон, который, с учетом современных представлений о частотных принципах регуляции ВРС (обозначенных ранее), не укладывается в выделяемые рамки частотных характеристик, свидетельствуя о наличии в выделяемых частотных диапазонах субчастот.

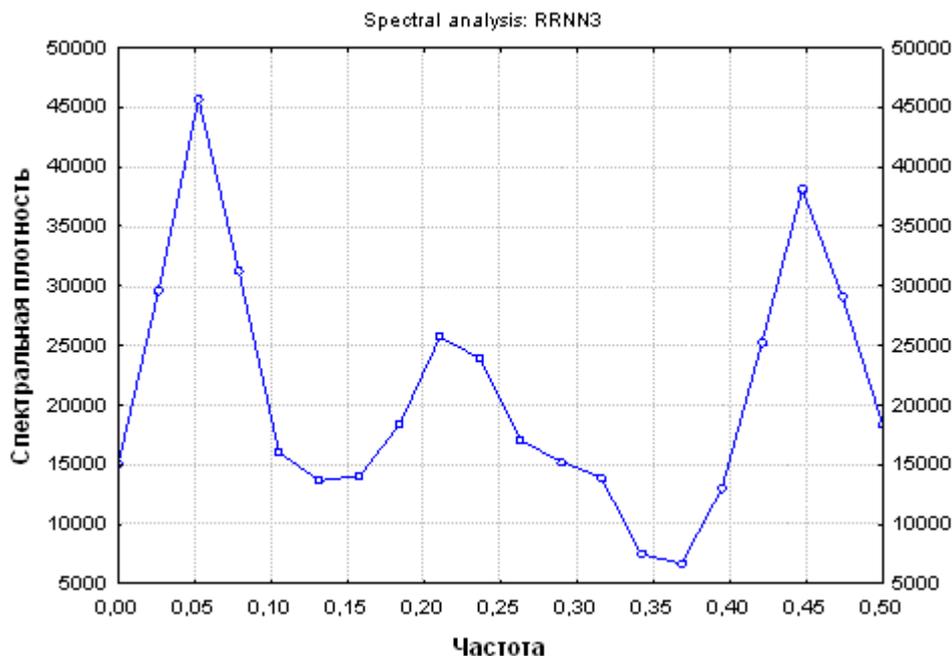


Рис. 6. Спектральный анализ (спектральная плотность) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении лежа

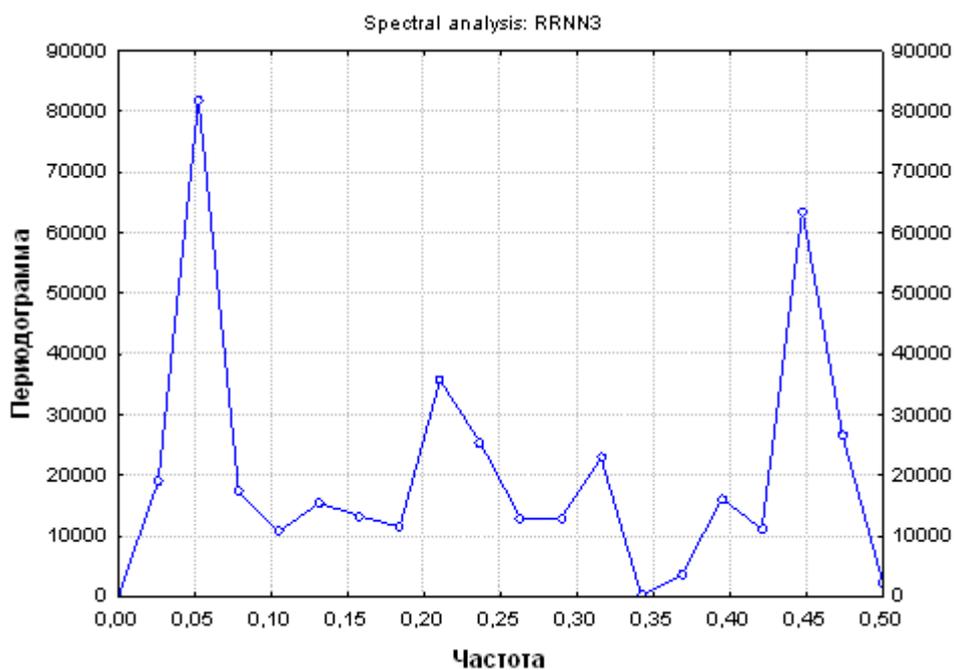


Рис. 7. Спектральный анализ (периодограмма) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении лежа

При переходе в состояние сидя — 2, т. е. при начале реализации программы ортостаза, картина частотного диапазона начинает закономерно изменяться в сторону превалирования средне- и высокочастотных компонент, что представлено на рис. 8.

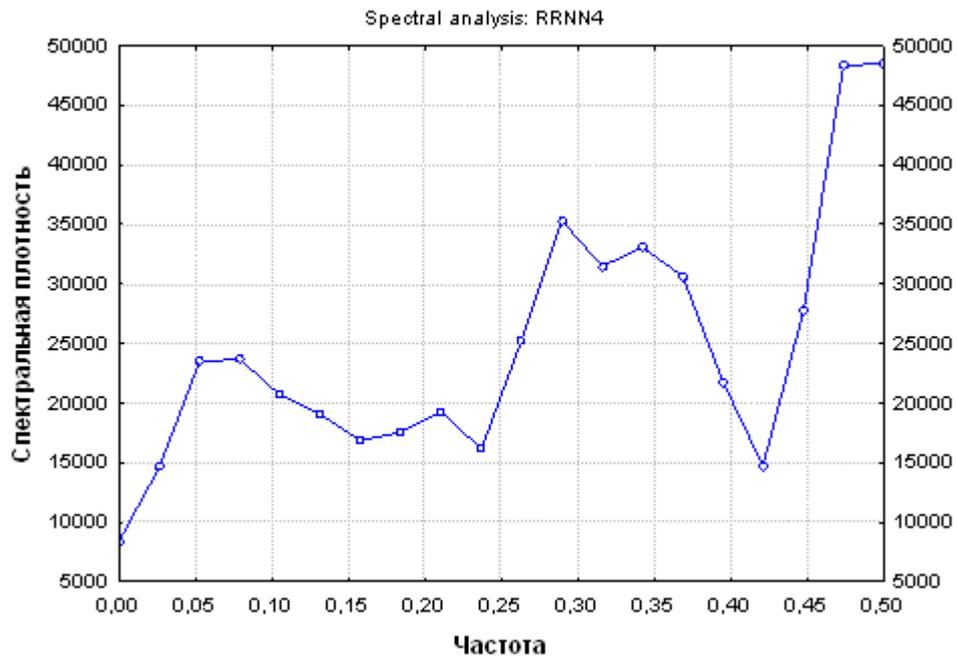


Рис. 8. Спектральный анализ (спектральная плотность) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении сидя — 2

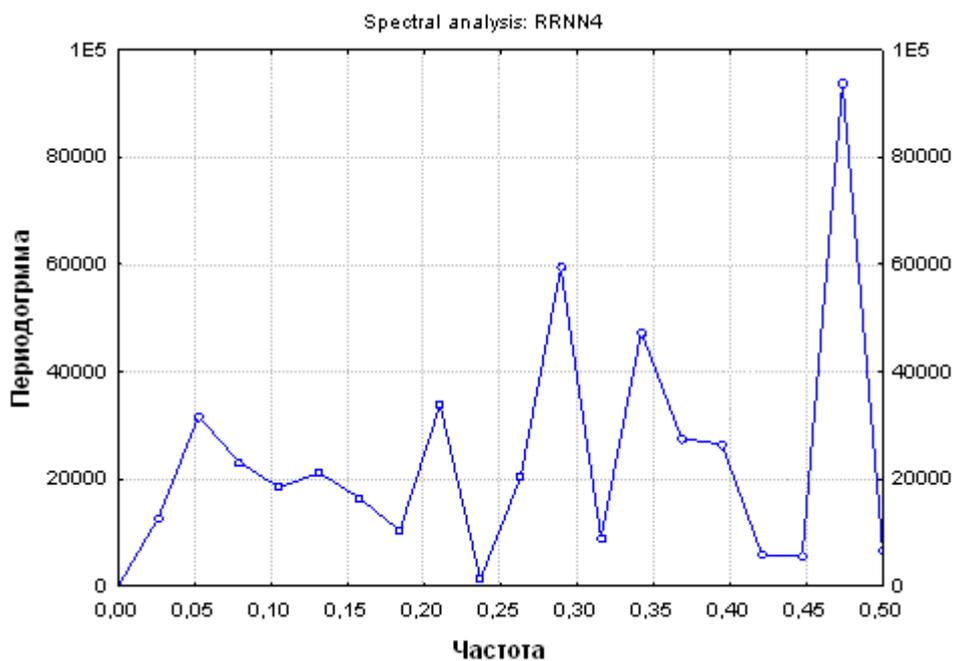


Рис. 9. Спектральный анализ (спектрограмма) показателей RRNN у практически здоровых лиц в положении сидя — 2

Эта тенденция — увеличение частоты при положении сидя — 2 (рис. 8, 9) из положения лежа продолжается при переходе в положение стоя — 2. Выявляемый частотный диапазон в этом положении уже напоминает таковой при положении стоя — 1.

Таким образом, частотный анализ участия различных информационных систем в регуляции ЧСС показал, что при различных фиксированных состояниях при проведении клиноортостатической пробы формируются достаточно специфические информационные (частотные) паттерны, отражающие структуру взаимодействия между собой отделов ВНС и метаболизма. Проведенный Фурье-анализ также показал, что в рамках определенного

частотного диапазона возможно наличие субчастотных компонент, отражающих, как нам представляется, частотную и временную информационную неоднородность регуляторного сигнала, которая может быть связана с морфофункциональными особенностями и гетерогенностью эффекторных звеньев ВНС и метаболических систем в целом.

Перспективность применения Фурье-анализа для оценки ВРС состоит, по-видимому, в том, что, выделяя определенные субдиапазоны информационного воздействия отделов ВНС и метаболических процессов на барорецептивный комплекс в целом и миокард в частности, мы можем более глубоко оценить и прогнозировать качественные особенности такого влияния, которые могут быть связаны с направленной регуляцией субфаз сердечного цикла при различных функциональных состояниях. В этом плане становится также очевидным, что частотный спектр влияния парасимпатического отдела ВНС на функцию миокарда намного разнообразнее, чем спектр влияния других систем.

Действительно, холинергические механизмы регуляции ритма сердца обусловлены выделением медиатора ацетилхолина (АХ), который оказывает тормозное влияние на сердце посредством связывания с М-холинорецепторами кардиомиоцитов. При стимуляции блуждающего нерва латентный период короткий достигается через 1-2 сердечных цикла, а тормозный эффект кратковременной стимуляции вагуса включает 3 фазы:

1. короткая фаза выраженного замедления, которая связана с торможением синусо-предсердного проведения и развитием гиперполяризации пейсмекерных клеток из-за резкого повышения калиевой проводимости;
2. короткая фаза повышения ЧСС обусловлена быстрым исчезновением гиперполяризации пейсмекеров за счет повышения натриевой проводимости (очевидно, гиперполяризация стимулирует входящие катионные токи через I_h -каналы);
3. продолжительная фаза незначительного урежения ЧСС, которая связана с уменьшением крутизны медленной диастолической деполяризации пейсмекерных клеток [8].

Причина такого быстрого эффекта при стимуляции вагуса, вероятно, состоит в том, что М-холинорецепторы (М-ХР) кардиомиоцитов относятся к рецепторам ионотропного типа, поэтому связывание АХ с собственно рецепторной частью М-ХР сразу же приводит к открытию K^+ -каналов в клетках сердца. Эффект торможения сердца обычно предшествует ускорению и усилению сердечной деятельности при переходе организма в новое функциональное состояние, поэтому вагусный канал можно определить как канал для регуляции по возмущению. В этом случае роль симпатической системы можно рассматривать в качестве необходимого механизма для поддержания стабильно высокой ЧСС в рамках нового функционального состояния [8]. Поскольку эффекты симпатического отдела ВНС реализуются через системы метаболитических адренорецепторов и вторичных посредников, то по скорости реакции и информационной емкости этот отдел уступает парасимпатическому.

Таким образом, наличие определенных субчастотных компонент при различных функциональных состояниях может быть связано с комплексом гетерогенных по частоте и времени информационных воздействий, реализующих свои эффекты на различных структурно-функциональных уровнях организации миокарда, с активацией специфических вторичных посредников и внутриклеточных метаболических путей. Если попытаться представить весь комплекс информационных взаимодействий в 3D-пространстве, то, по-видимому, можно уже говорить о наличии «информационного пространства», как важного элемента морфофункциональных преобразований

и оптимизации феномена пространственной комплементарности, описываемой в рамках представлений о динамических голографических механизмах регуляции функции большого мозга [9]. В этом случае неоднородность «информационно-голографического пространства» связана с наличием «хиральных» [10] макромолекулярных структур, отражающих инвариантность пространственной информации, обусловленной биологической изомерией в целом.

Поскольку функциональные состояния при проведении клиноортостатической пробы представляют из себя замкнутый гиперцикл, т. е. процесс, когда система в условиях 3D-пространства возвращается к исходному состоянию, то в основе регуляции лежит наличие отрицательной обратной связи с наличием критических фазовых переходов, характеризующих реактивность всех систем регуляции в зависимости от уровня их неравновесности [11]. Вполне вероятно, что в основе различных нарушений функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) могут лежать процессы, изменяющие или извращающие проведение информации по тем или иным информационным каналам за счет появления в них «шума». Такая ситуация вполне возможна и в условиях изменения энергоинформационных процессов в надсегментарных структурах, модулирующих активность вагуса. В этом случае будет изменяться структура эффекторного информационного паттерна (и соответственно обменные процессы в миокарде), который уже изначально имеет колебательный характер, обусловленный фазами сердечного цикла. Поскольку каждая из фаз сердечного цикла требует своего специфического энергоинформационного обеспечения, то из этого достаточно тривиального утверждения следует важный вывод о том, что структура эффекторного информационного паттерна также должна иметь колебательный характер с выраженными фазовыми переходами. Наличие в процессе проведения клиноортостатической пробы колебательных процессов между отделами ВНС, что проявляется гетерогенностью частотных компонент, позволяет высказать предположение о том, что клиноортостатическая проба может быть эффективно использована как метод «тренировки» барорецептивного рефлекса и за счет этого оптимизации функционирования отделов ВНС. Это может быть использовано в профилактических, лечебных и реабилитационных целях. Действительно, циклическое (тренирующее) выполнение этой пробы с различной скоростью и продолжительностью, на наш взгляд, может выступать как важный и немедикаментозный способ повышения адаптивных возможностей системной и региональной гемодинамик.

Таким образом, изучение частотной регуляции субфаз сердечного ритма с использованием Фурье-анализа должно приблизить нас к пониманию важности энергоинформационных взаимодействий в системных и локальных механизмах регуляции барорецептивного рефлекса в целом и сердечного цикла в частности.

Список литературы

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. — М. : Изд-во иностранной литературы, 1963. — 830 с.
2. Калашников Ю. А. Информация как движущая сила биологической эволюции [Электронный ресурс] / Ю. А. Калашников. — Режим доступа : (<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9973.html>). — Дата обращения : 10.10.15.
3. Бань А. С. Вегетативный показатель для оценки variability ритма сердца спортсменов [Электронный ресурс] / А. С. Бань, Г. М. Загородный. — Режим доступа : (belmapo.by/downloads/sport_med/2011/sport/15.doc). — Дата обращения : 01.10.15.
4. Михайлов В. М. Variability ритма сердца. Опыт практического применения

- метода / В. М. Михайлов. — Иваново, 2000. — 200 с.
5. Максимчук И. В. Сравнительный анализ Фурье и вейвлет-преобразования для анализа сигнала фотоплетизмограммы [Электронный ресурс] / И. В. Максимчук, Л. Г. Гергель, О. В. Осадчий // Современные научные исследования и инновации. — Режим доступа : (<http://web.snauka.ru/issues/2013/06/25060>). — Дата обращения : 10.09.15.
 6. Рональд Н. Брейсуэлл. Преобразование Фурье / Н. Брейсуэлл Рональд // Scientific American. — 1989. — N 8. — С. 48-56.
 7. Спектральные характеристики QT-TQ дисперсии у подростков при проведении ортостатической пробы [Электронный ресурс] / О. В. Сорокин и [др.] // Медицина и образование в Сибири : сетевое научное издание. — (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922). — Дата обращения : 10.10.15.
 8. Курьянова, Е. В. Вегетативная регуляция сердечного ритма: результаты и перспективы исследований / Е. В. Курьянова. — Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2011. — 139 с.
 9. Прибрам Карл. Языки мозга. Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии [Электронный ресурс] / Карл Прибрам. — М. : «Прогресс», 1975. — С. 170-171, 172-174. — Режим доступа : (<http://vikent.ru/enc/2026/>). — Дата обращения : 10.10.15.
 10. Урманцев Ю. А. Специфика пространственных и временных отношений в живой природе / Ю. А. Урманцев // Пространство, время, движение : сб. научных работ. — М. : «Наука», 1971. — 215 с.
 11. Куликов В. Ю. Применение явления гистерезиса в оценке системных взаимодействий при восстановлении основных показателей внешнего дыхания после физической нагрузки [Электронный ресурс] / В. Ю. Куликов, А. В. Абрамцова, Д. И. Волобуев // Медицина и образование в Сибири : сетевое научное издание. — Режим доступа : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922). — Дата обращения : 10.10.15.

FOURIER-ANALYSIS OF CHANGE OF AVERAGE INTERVALS RR (RRNN) AT ALMOST HEALTHY PERSONS AT PERFORMING CLINOORTHOSTATIC TEST

[V. Y. Kulikov, E. A. Archibasova](#)

SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health» (Novosibirsk)

Specific information (frequency) patterns reflecting structure of interaction in departments of vegetative nervous system and a metabolism are formed at the fixed states in the conditions of carrying out clinoorthostatic test. The carried-out Fourier analysis showed that within a certain frequency range there is a possibility of existence of subfrequency component, reflecting from our point of view the frequency and temporary information heterogeneity of a regulatory signal which can be connected with morphofunctional features and heterogeneity of effector links of vegetative nervous system and metabolic systems in general.

Keywords: variability of cardiac rhythm, Fourier analysis, information, vegetative nervous system.

About authors:

Kulikov Vyacheslav Yuryevich — doctor of medical science, professor, honored scientist of the RF, head of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37, e-mail: Kulikov_42@mail.ru

Archibasova Elena Alekseevna — candidate of medical science, assistant professor of normal physiology chair at SBEI HPE «Novosibirsk State Medical University of Ministry of Health», office phone: 8 (383) 225-07-37

List of the Literature:

1. Shannon K. Works on the theory of information and cybernetics / K. Shannon. — M. : Publishing house of foreign literature, 1963. — 830 p.
2. Kalashnikov Y. A. Information as driving force of biological evolution [electron resource] / Y. A. Kalashnikov. — Access mode : (<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9973.html>). — Access date : 10.10.15.
3. Ban A. S. Vegetative indicator for assessment of variability of cardiac rhythm of athletes [electron resource] / A.S. Ban, G. M. Zagorodny. — Access mode : (belmapo.by/downloads/sport_med/2011/sport/15.doc). — Access date : 01.10.15.
4. Mikhaylov V. M. Variability of cardiac rhythm. Experience of practical application of method / V. M. Mikhaylov. — Ivanovo, 2000. — 200 p.
5. Maksimchuk I. V. The comparative analysis of Fourier and wavelet-transformation for the analysis of a signal of photoplethysmogram [electron resource] / I. V. Maksimchuk,

- L. G. Gergel, O. V. Osadchy // Modern scientific researches and innovations. — Access mode : (<http://web.snauka.ru/issues/2013/06/25060>). — Access date : 10.09.15.
6. Ronald N. Breysuell. Fourier Transformation / N. Breysuell Ronald // Scientific American. — 1989. — N 8. — P. 48-56.
 7. Spectral characteristics of QT-TQ dispersion at teenagers when carrying out orthostatic test [electron resource] / O. V. Sorokin [et al.] // Medicine and education in Siberia : online scientific publication. — Access mode : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922). — Access date : 10.10.15.
 8. Kuryanova E. V. Vegetative regulation of cardiac rhythm: results and prospects of researches / E. V. Kuryanova. — Astrakhan : Astrakhan University publishing house, 2011. — 139 p.
 9. Pribram Karl. Brain tongues. Experimental paradoxes and principles of neuropsychology [electron resource] / Karl Pribram. — M. : «Progress», 1975. — P. 170-171, 172-174. — Access mode : (<http://vikent.ru/enc/2026/>). — Access date : 10.10.15.
 10. Urmantsev Y. A. Specific of the spatial and temporary relations in wildlife / Y. A. Urmantsev // Space, time, the movement : coll. of scientific works. — M. : «Science», 1971. — 215 p.
 11. Kulikov V. Y. Application of the phenomenon of a hysteresis in assessment of systemic interactions at restoration of the main indicators of external respiration after exercise stress [electron resource] / V. Y. Kulikov, A. V. Abramtsova, D. I. Volobuyev // Medicine and education in Siberia : online scientific publication. — Access mode : (http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=922). — Access date : 10.10.15.