

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ПУЛЬСА ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Олеся Исайкина¹, Юрий Кукса², Игорь Шibaев³

¹ГНЦПМ (Государственный научный центр профилактической медицины), Москва, Россия

²ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк, Россия

³ИЗМИРАН, Троицк, Россия

e-mail: ishib@izmiran.ru

Ключевые слова: Систолическое и диастолическое артериальные давления (САД, ДАД), частота сердечных сокращений (ЧСС), корреляция, частотный спектр

ESTIMATION OF STABILITY OF ARTERIAL PRESSURE AND PULSE AT CHANGES OF GEOMAGNETIC DATA AND ATMOSPHERIC PRESSURE

Olesia Isajkina¹, Yuriy Kuksa², Igor Shibaev³

¹SRCPM (the State research centre of preventive medicine), Moscow, Russia

²GEMRC IPE RAS, Troitsk, Russia

³IZMIRAN, Troitsk, Russia

e-mail: ishib@izmiran.ru

Keywords: Systolic arterial pressure (SAP), diastolic arterial pressure (DAP), pulse, correlation, frequency spectrum

Abstract: Offered work is based on the data long, daily (in the morning and in the evening) monitoring of arterial pressure and pulse. Descriptions and analysis are submitted in the publication [2]. These data are in detail analyzed together with magnetic data Bx, y, z (Troitsk, 2000) and the data of atmospheric pressure (Troitsk, 2000). Series are constructed reflecting dynamics of factors of correlation in the time and at simultaneous scanning researched characteristics. Continuance of scanning interval are varied from 5 to 13 days. Sizes of intervals of crossing of correlations of identical and contrary are taken for the analysis. Spectral estimations of "correlation" series are carried out. It is to note difference in reaction to change of geomagnetic data of morning and evening monitoring. The estimation of this influence is given.

Введение

Работа использует данные ежедневного (утром и вечером) мониторинга систолического артериального давления САД, диастолического артериального давления ДАД и частоты сердечных сокращений ЧСС. Ведение дневника пациентом с гипертоническим заболеванием и самоконтроль артериального давления позволяло эффективно подбирать гипотензивный препарат, который принимался утром. В публикациях [1,2] дано описание этих показаний более чем за 13 лет. Для данного исследования выбран 2000 год, как содержащий подробные комментарии социальной активности пациента (экспедиции, командировки, праздники и т. д.) и дана оценка ЧСС, САД и ДАД в эти выделенные моменты. Проводится сопоставление показаний мониторинга с данными атмосферного давления P и магнитных H, D, Z – вариаций (ИЗМИРАН, 2000 г.). Для сравнения и анализа используются ряды отражающие во времени динамику коэффициентов корреляции, которые получены при одновременном сканировании исследуемых характеристик. Длительность сканирующего интервала варьировался от 5 до 13 дней. Такие ряды коэффициентов корреляции медицинских параметров, аналог степени скоординированности организма, взяты за основу и сопоставлены с фоновой динамикой изменения геомагнитной активности и атмосферного давления. Видно различие в реакции

данных утреннего и вечернего мониторинга. Отмечается чувствительность утреннего состояния организма к влиянию фоновых параметров и стабилизирующее воздействие принимаемого препарата и ритмических нагрузок к вечеру. Приведены соответствующие гистограммы и статистические характеристики. Ряды мониторинга и атмосферного давления предварительно приведены к соизмеримому масштабу, т. е. после вычитания среднегодового значения (Mean) нормировались на квадратный корень из дисперсии ($\sigma^{1/2}$), соответствующие значения которых даны ниже. Изменение нормированной характеристики на единицу эквивалентно её изменению на соответствующее $\sigma^{1/2}$. Значения САД, ДАД и атмосферного давления Р фиксировались в миллиметрах ртутного столба, пульс (ЧСС) – в количестве ударов в минуту.

	ЧСС утро / вечер	САД утро / вечер	ДАД утро / вечер	Р (мм. рт. ст.) утро / вечер
Mean	58.2 / 61.3	122.3 / 119.6	82.2 / 79.1	743.47 / 743.32
$\sigma^{1/2}$	4.2 / 5.7	6.9 / 9.5	3.8 / 5.4	7.35 / 7.30

Исходные данные и выделенные события

Обзор утренних и вечерних данных мониторинга ЧСС, САД и ДАД за 2000 год, взятых за основу работы, представлен на Рис.1. Для сопоставления с ними привлекаются шестичасовые данные атмосферного давления [3], соответствующие срезы которого в 0, 6, 12 и 18 часов за 2000 год отражает Рис. 2. На обоих рисунках ось ОХ соответствует суткам года.

К выделенным событиям отнесено несколько периодов повышенной социальной активности (экспедиции, командировки, праздники и т. д. – в сумме 25 дней активного периода), что отмечено красным маркером на Рис.1, а также моменты отклонения атмосферного давления от среднегодового более чем на 2 единицы (в размерных единицах $|dP| \geq 15$ мм. рт. ст.) – синий маркер. Из 24 дней для утреннего среза атмосферного давления 13 дней пришлись на пониженное давление, а из 20 дней для вечернего среза с пониженным давлением оказалось 10 дней. В Таблице 1 представлены средние характеристики медицинских параметров в выделенные периоды. Явно видны возмущения ЧСС, САД и ДАД в период социальной активности : утром пульс возрастает в среднем на $7 \approx 1.55 \times 4.2$ ударов в минуту, САД и ДАД на $8 (\approx 1.1 \times 6.9)$ и $4 (\approx 1.06 \times 3.8)$ мм. рт. ст. соответственно. Также, в среднем, возрастают и вечерние показания в этот период – ЧСС на $5 \approx 0.8 \times 5.7$ ударов в минуту, САД и ДАД соответственно на $10 (\approx 1.02 \times 9.5)$ и $5 (0.98 \times 5.4)$ мм. рт. ст.

Таблица 1. Средние значения ЧСС, САД и ДАД в выделенные периоды.

Показатели	Число дней утро / вечер	ЧСС утро / вечер	САД утро / вечер	ДАД утро / вечер
mean (активный период)	25 / 25	1.55 / 0.80	1.10 / 1.02	1.06 / 0.98
mean ($dP \geq +2$)	11 / 10	0.38 / -0.14	0.40 / 0.47	0.30 / 0.91
mean ($dP \leq -2$)	13 / 10	-0.27 / -0.14	-0.24 / 0.20	-0.22 / 0.00

Из полученных оценок, с учетом различия утренних и вечерних среднегодовых значений медицинских параметров, следует выравнивание утренних и вечерних показаний ЧСС, САД и ДАД в периоды повышенной активности. Моменты с выделенным атмосферным давлением в числовых характеристиках проявляются менее явно. Только в вечерних данных выделяется возрастание САД и ДАД при повышенном атмосферном давлении. Но следует отметить совпадение знаков возмущения утренних значений ЧСС, САД и ДАД со знаком возмущения атмосферного давления (выделено курсивом для «+» и подчеркиванием для «-» в Таблице 1).

Кроме отмеченных событий можно выделить несколько периодов в атмосферном давлении, которые отражают характер его поведения. Период Т1 с 20 дня по 90 день -- рост Р от очень низкого до высокого с отдельными перепадами. Далее до 240 дня период Т2 -- давление колеблется вокруг среднегодового значения. Период Т3 с 240 дня по 290 день -- Р возрастает до очень высокого. С 335 дня и до конца года давление от очень большого опускается до низкого — период Т4. Известно, что на самочувствии сказывается не только величина атмосферного давления, но и скорость его изменения [4]. Дать оценку влияния последнего проблематично из-за суточного характера данных нашего мониторинга.

Также в работе привлекаются минутные данные H, D, Z вариаций магнитного поля за 2000 год [5]. Основные спектральные компоненты этих вариаций равны 24, 12, 8 и 6 часам, значения их спектральных амплитуд представлены на Рис. 3а. В длиннопериодном диапазоне выделяются лунный (27.3 дня) и тройной лунный периоды (Рис. 3б) со спектральными амплитудами в 30 раз

меньшими, чем у суточных гармоник. Ось частот на обоих рисунках соответствует обратным суткам. Для сопоставления динамики поведения магнитного поля с суточными данными мониторинга разумно опираться на суточные гармоники вариаций магнитного поля. После их выделения и применения преобразования Гильберта [6] мы получаем амплитуды (оглабляющие) суточных гармоник, как функции времени. Годовая динамика этих амплитуд для компонент Н, D, Z отражена на Рис.3в., где по оси ОХ отложены сутки года, а значения амплитуд даны в нТл. Полученное представление удобно при дальнейшем анализе.

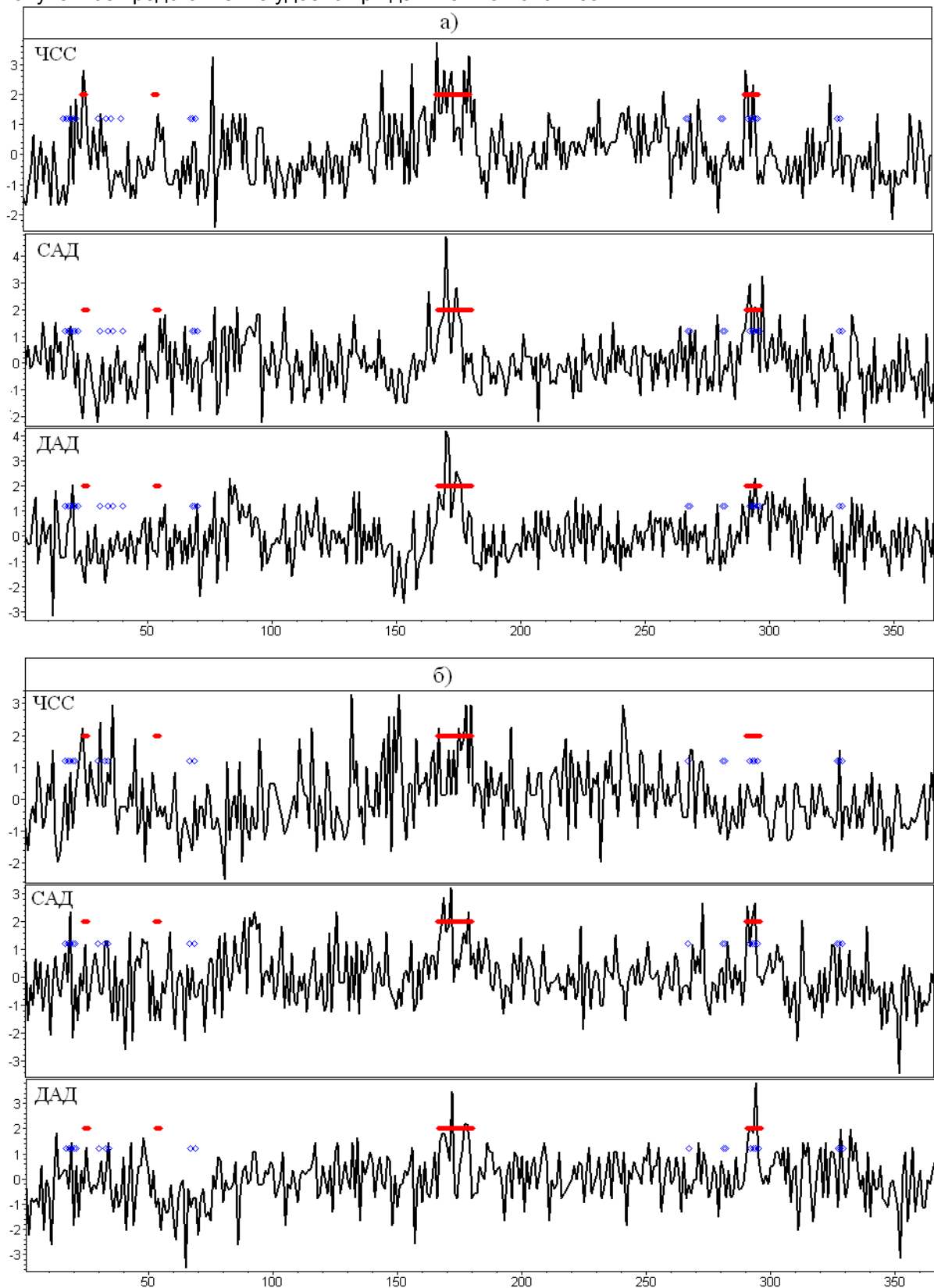


Рис. 1. Обзор рядов самоконтроля : а) утро , б) вечер. Ось ОХ – сутки года.

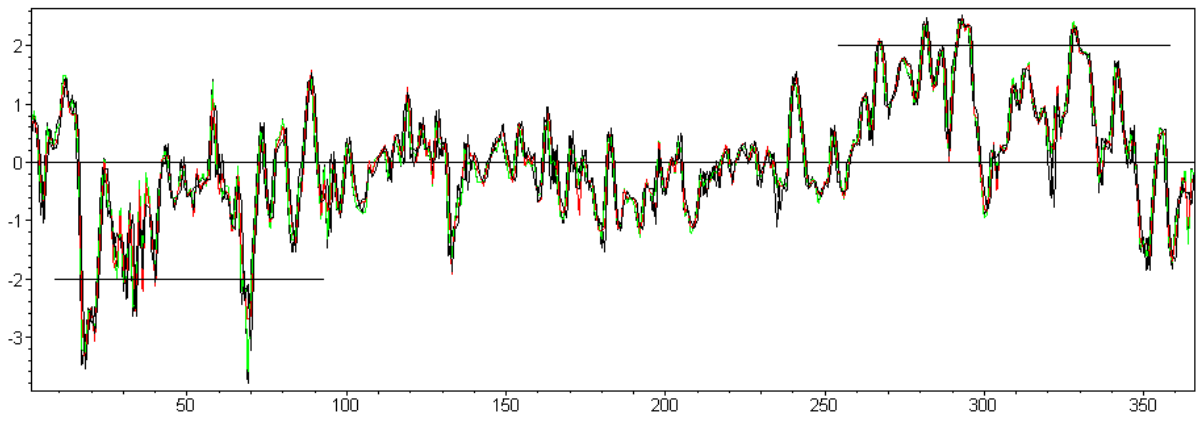


Рис. 2. Годовая динамика атмосферного давления ; г. Троицк, 2000 г. Ось OX – сутки года.

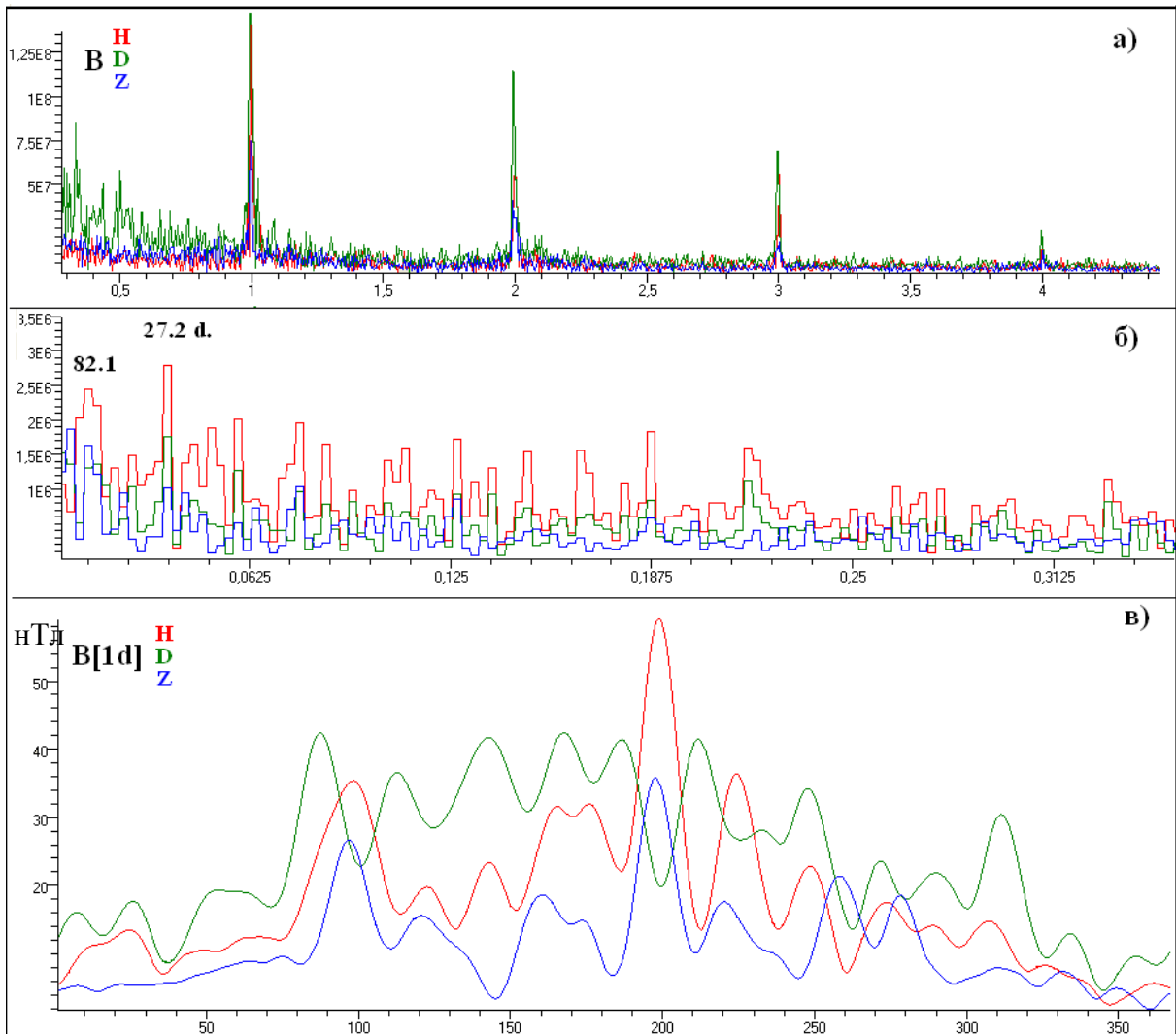


Рис. 3. Вариации H, D, Z – компонент магнитного поля ; г. Троицк, 2000 г.

а) , б) – фрагменты спектра, ось OX – обратные сутки ;

в) – динамика амплитуд суточных гармоник, ось OX – сутки года.

Степень согласованности рядов самоконтроля и фоновые параметры

Даже при визуальной оценке рядов самоконтроля видно отличие относительного поведения ЧСС, САД и ДАД в различные периоды. Для описания степени скоординированности организма и сопоставления с фоновыми характеристиками разумно использовать временную зависимость коэффициентов линейной корреляции медицинских параметров. На временном

интервале dT , для соответствующих фрагментов рядов А и В, вычисляется коэффициент линейной корреляции $\text{Corr}(A\&B/dT)$. Сканируя интервал dT по временной оси и находя коэффициент корреляции в каждый момент времени, мы получим временную динамику этого коэффициента — $\text{Corr}(A\&B/dT; t)$. При таком подходе всё разнообразие ситуаций отображается на интервал значений $[-1; +1]$ и носит оценочный характер состояния организма, но временная динамика коэффициентов корреляции и степень их гладкости позволяют проводить сравнение с поведением фоновых значений атмосферного давления и вариаций магнитного поля. Результат вычислений при интервале сканирования dT в 9 дней представлен на Рис. 4 для утренних и вечерних данных, где :

$K1(t) = \text{Corr}(\text{ЧСС}\&\text{САД}/9\text{дн.}; t)$ – динамика коэффициента корреляции между ЧСС и САД ;

$K2(t) = \text{Corr}(\text{ЧСС}\&\text{ДАД}/9\text{дн.}; t)$ – корреляции между ЧСС и ДАД ; $K3(t)$ – между САД и ДАД.

Видно, что характер связей у утренних и у вечерних параметров весьма отличны, хотя есть отдельные совпадения. В работах [1,2] отмечалось наличие в спектре вечерних рядов мониторинга семидневной (недельной) компоненты и отсутствие её в спектре утренних рядов, зато в спектрах утренних рядов мониторинга явно проявился лунный период в 27.35 дня, которого нет в вечерних спектрах. Это можно связать с быстрой релаксацией организма за ночь от ритмических нагрузок и повышенной чувствительностью его утром к фоновому воздействию.

Рассмотрим подробнее утренние корреляционные ряды, представленные на Рис.4а, которые свободны от влияния принимаемого препарата и от влияния физических нагрузок. Наиболее интересна взаимосвязь пульса с артериальным давлением. Серой маркировкой внизу нанесены интервалы $T1 \div T4$, отражающие поведение атмосферного давления. Периоды $T1$, $T3$ и $T4$, характеризующие изменение атмосферного давления, хорошо легли на области $K1(t)$ и $K2(t)$ с явно выраженными трендами. На интервале $T2$, когда атмосферное давление меняется вокруг среднегодового значения, также нет монотонности в связях ЧСС с САД и ДАД. Далее привлекают внимание локальные отрицательные минимумы слева и справа от 100 дня и 200 дня, когда пульс меняется в противофазе с артериальным давлением. Сопоставляя с амплитудами суточных гармоник магнитного поля видим, что эти моменты выделяются также и там (Рис.3в). На Рис.4б представлена динамика вечерних корреляционных рядов, которая имеет совсем иной характер из-за воздействия ритмических нагрузок в течение дня.

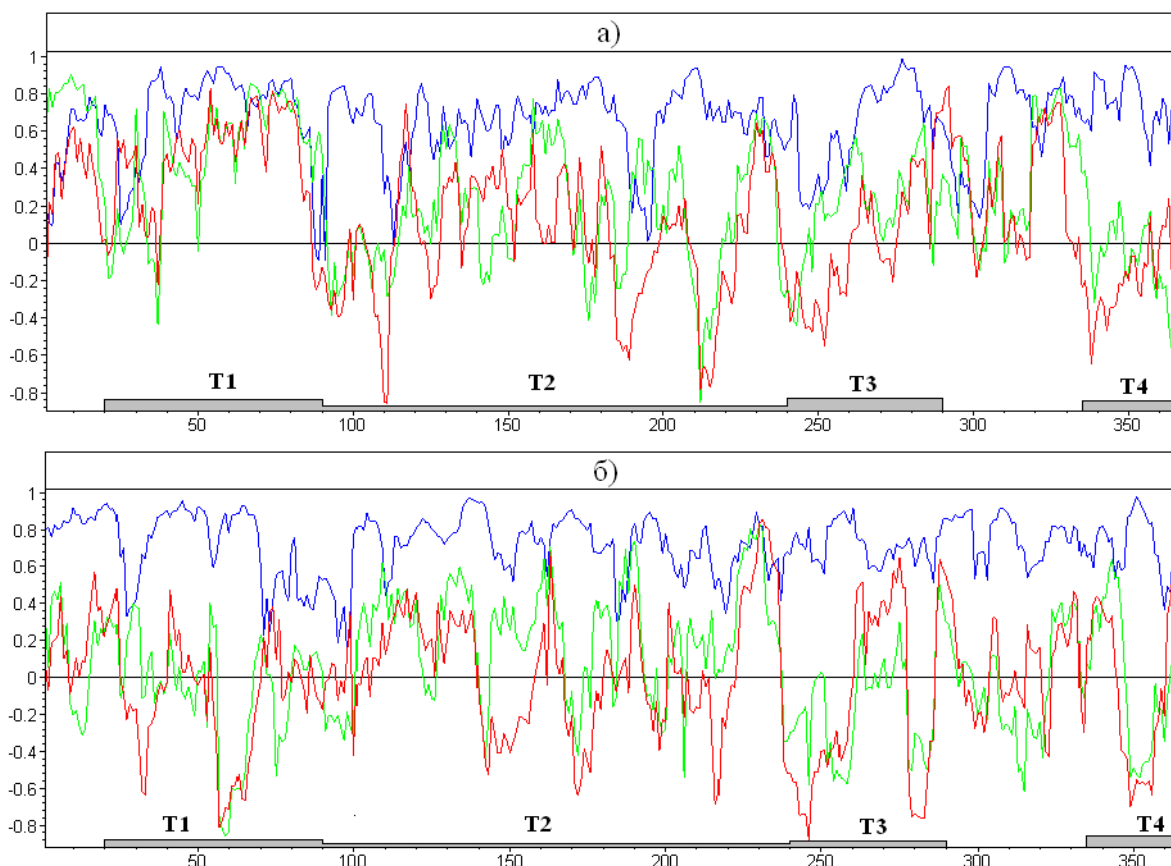


Рис. 4. Временная динамика коэффициентов корреляции данных мониторинга : а) утро , б) вечер.

--- $K1(t)$; --- $K2(t)$; --- $K3(t)$. Ось ОХ – сутки года.

Сравним статистические характеристики утренних и вечерних корреляционных рядов. Оценки этих рядов за 2000 год представлены в Таблице 2, где приведены : среднее (mean); корень квадратный из дисперсии ($\sigma^{1/2}$); эксцесс (коэффициент Куртосиса — kurtosis); асимметрия (skewness). Средние значения корреляционных рядов ЧСС с САД и ДАД для вечерних данных равны фактически нулю или меньше, чем у утренних данных, когда организм более чувствителен к внешнему воздействию, а физические нагрузки не «замыли» это влияние. Соответствующие значения дисперсий, характеризующие взаимосвязи пульса с артериальным давлением, сравнимы. Связи между САД и ДАД значительно более тесные и к вечеру они ещё усиливаются при уменьшении дисперсии.

Таблица 2. Статистические оценки корреляционных рядов мониторинга.

Показатели	Mean (утро / вечер)	$\sigma^{1/2}$ (утро / вечер)	Kurtosis (утро / вечер)	Skewness (утро / вечер)
Corr(ЧСС&САД)	0.135 / -0.014	0.367 / 0.357	2.38 / 2.46	-0.187 / -0.164
Corr(ЧСС&ДАД)	0.245 / 0.057	0.349 / 0.335	2.33 / 2.55	-0.140 / -0.183
Corr(САД&ДАД)	0.654 / 0.721	0.219 / 0.161	3.83 / 3.46	-1.126 / -0.903

Наглядное сравнение характеристик корреляционных рядов мониторинга дают гистограммы, приведенные на Рис. 5. Проявление второго максимума на утренней гистограмме K1 отражает влияние внешних условий на организм, отмеченное выше. А большую степень симметрии вечером, чем утром для Corr(ЧСС&САД) и возросшую монотонность вечерней гистограммы K1 можно связать со стабилизирующим действием ритмических нагрузок.

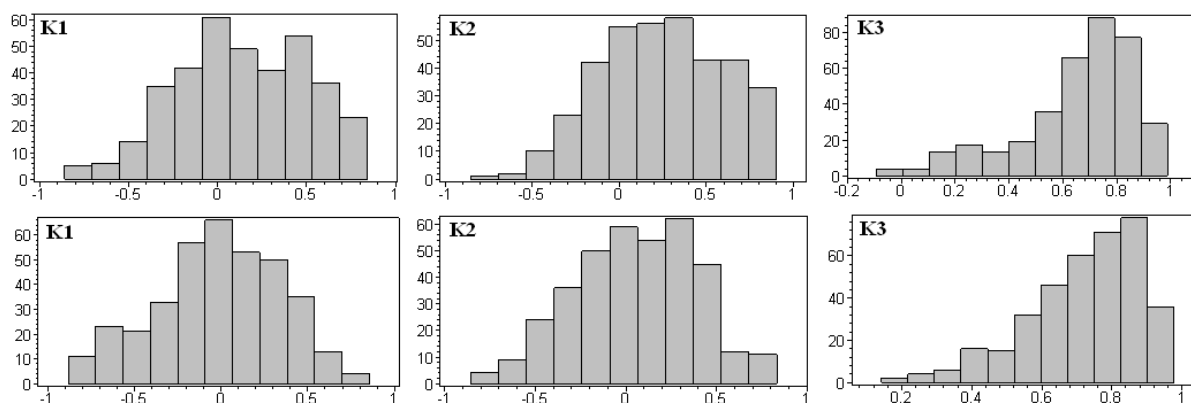


Рис. 5. Гистограммы корреляционных рядов мониторинга. Верхние рисунки -- утро ; нижние – вечер.

Обсуждение и выводы

Результаты проведенного анализа соответствуют общему представлению, что четкой функциональной связи между величиной АД и пульсом нет. Низкий пульс совсем не означает пониженный уровень артериального давления. Соответственно и наоборот, при высоком пульсе, давление может быть не только нормальными, но и в ряде случаев сниженным (например при инфаркте миокарда, сердечной недостаточности), так как высокая частота сокращений не оставляет сердцу времени для того чтобы успеть набрать достаточное количество крови и такая работа будет малоэффективна. Возможно повышение давления при редком пульсе, обусловленное различными формами блокад. Также существуют состояния, при которых может увеличиваться и АД и пульс. Например, в физиологическом состоянии это встречается при физической нагрузке, психоэмоциональном перевозбуждении; при различных заболеваниях—например, гиперкинетическом типе вегето-сосудистой дистонии, тиреотоксикозе. Снижение АД и замедление пульса наблюдается во время сна. Это также характерно для спортсменов у которых путем длительных тренировок эти два показателя четко связаны, что не свойственно обычным людям.

Результаты нашего анализа позволяют выделить ряд ситуаций, когда связь ЧСС с АД можно сопоставить с внешними условиями:

- в активный период возрастают пульс с АД и сближаются их утренние показания с вечерними ;

- в дни с низким или высоким атмосферным давлением вариации АД и ЧСС проявляются менее явно, но знак вариаций утренних значений пульса и АД совпадает со знаком вариаций атмосферного давления ;
- временные периоды атмосферного давления, отражающие характер его поведения, и области с явно выраженными трендами у рядов, характеризующих взаимосвязь утренних показаний ЧСС с АД, хорошо согласуются ;
- максимумы (в 100 и 200 дни) суточных амплитуд H, D, Z компонент и их фронты наложились на периоды, когда утренние показания ЧСС и АД менялись в противофазе наиболее явно ;
- у рядов, характеризующих взаимосвязь вечерних показаний ЧСС с АД, гистограммы более сбалансированы и нет четкой связи этих рядов с периодами T1 ÷ T4 атмосферного давления и максимумами суточных амплитуд H, D, Z компонент.

Можно заключить, что утреннее состояние организма более подвержено внешнему влиянию и отметить стабилизирующую роль ритмических нагрузок и принимаемого препарата. Учет этого, в сочетании с регулярным самоконтролем, и обеспечивает нормальную жизнедеятельность пациента.

Добавим, что используемые подходы позволяют проводить анализ в терминах «усредненных характеристик» и не претендуют на сопоставление взаимосвязей масштаба трех и менее дней. В заключении, на Рис. 6 приводится обзор утренних корреляционных рядов для интервалов сканирования dT в 5 и 13 дней. Несмотря на естественное отличие в степени гладкости этих представлений все отмеченные свойства сохраняются.

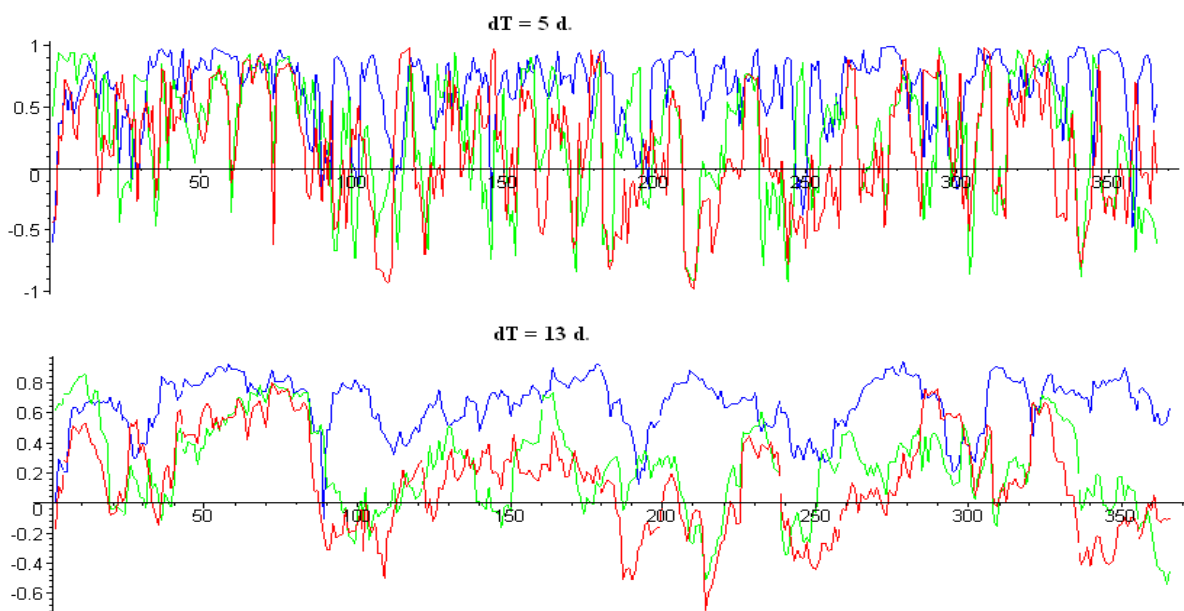


Рис. 6. Временная динамика коэффициентов корреляции данных утреннего мониторинга.
Ось OX – сутки года ; --- K1(t) ; --- K2(t) ; --- K3(t) .

Литература:

1. И с а й к и н а, О., Ю. К у к с а, И. Ш и б а е в. Длительный мониторинг артериального давления и пульса. Сопоставление данных мониторинга с метеорологическими и геофизическими параметрами. Proceedings of Seventh Scientific Conference with International Participation SES 2011, Sofia, Bulgaria, 29 November – 01 December 2011, p. 292--296, 2012.
2. I s a i k i n a, O., Yu. K u k s a, I. S h i b a e v. Analyses of Characteristics of Long-Term Monitoring of Arterial Pressure and Pulse, Journal of Environmental Science and Engineering, V. 1, № 9 (B), p.1064 -- 1073, 2012.
3. <http://cr0.izmiran.ru/mosc/main.htm>
4. I o a n n i d o u S. P., M. P a p a i l i o u, H. M a v r o m i c h a l a k i, Th. A p o s t o l o u, K. P a r a v o l i d a k i s, M. K o u r e m e t i, L. R e n t i f i s, E. S i m a n t i r a k i s, G. X y s t o u r i s. Impact of Cosmic Ray Intensity and Geomagnetic Activity on Human Heart Rate. Proceedings of the International Conference: SWH, Space Research Institute, Moscow, Russia, June 4–8, 2012, V. 2, p. 683 – 694, 2013.
5. <ftp://ftp.iki.rssi.ru/magbase/database/>
6. B e n d a n t, J., A. P i r s o l. Random Data. Analysis and Measurement Procedures, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1986.