

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ «РАЗЛАДКИ» ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ КОМОРБИДНЫХ ПОРАЖЕНИЯХ В КАРДИОЛОГИИ**

***Бурмистрова Валентина Геннадьевна***

*канд. физ.-мат. наук, доцент, Ульяновский Госуниверситет, РФ, г. Ульяновск*

***Мазурова Ольга Васильевна***

*ассистент, Ульяновский Госуниверситет, РФ, г. Ульяновск*

***Сапожников Александр Нилович***

*доцент, канд. мед. наук, Ульяновский Госуниверситет, РФ, г. Ульяновск*

***Серякова Анна Михайловна***

*студент, Ульяновский Госуниверситет, РФ, г. Ульяновск*

*E-mail: [iceirle@rambler.ru](mailto:iceirle@rambler.ru)*

***Арутюнян Нишан Овикович***

*студент, Ульяновский Госуниверситет, РФ, г. Ульяновск*

## **SIMULATION "DISORDER" AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM IN COMORBID LESIONS IN CARDIOLOGY**

***Burmistrova Valentina***

*candidate of Mathematical Science, ULSU, associate professor, Russia, Ulyanovsk*

***Mazurova Olga***

*assistant ULSU, Russia, Ulyanovsk*

***Sapozhnikov Alexandr***

*candidate of Medical Science, ULSU, associate professor, Russia, Ulyanovsk*

***Serjakova Anna***

*student medical faculty, ULSU, Russia, Ulyanovsk*

***Arutjunjan Nshan***

*student medical faculty, ULSU, Russia, Ulyanovsk.*

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (НИР, проводимые в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2013 г., 2014 г.) и РФФИ 13-01-9704213\_поволжье.*

### **АННОТАЦИЯ**

Изучена проблема возникновения гастродуоденопатии больных с острой коронарной недостаточностью, как «разладки» парасимпатической нервной системы. Построена математическая модель на основе случайных процессов. В результате имитационного моделирования определено, что оптимальный момент компенсации наступает сразу после разладки.

### **ABSTRACT**

The problem of the emergence gastroduodenopatii patients with acute coronary insufficiency, as a "disorder" of the parasympathetic nervous system. A mathematical model based on stochastic processes. As a result of the simulation is determined that the optimum time compensation begins immediately after the change.

**Ключевые слова:** модель; разладка; коморбидность; вегетативная нервная система.

**Keywords:** model; a disorder; comorbidity; the autonomic nervous system.

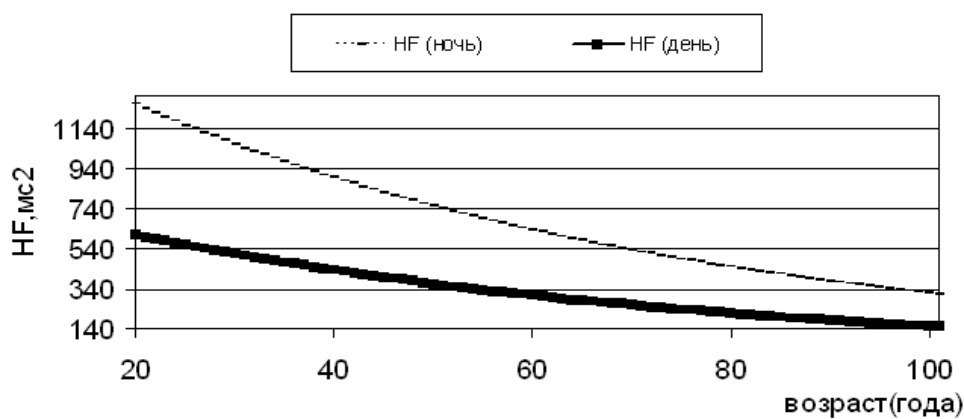
На современном этапе развития медицина накопила достаточный опыт для того, чтобы рассматривать состояние сочетанного течения ИБС и той или иной патологии пищеварительной системы как единый процесс. Снижение показателей variability ритма сердца (BPC) считается индикатором более тяжелого течения ИБС и фактором неблагоприятного прогноза [1, с. 32—34; 7, с. 20]. Возникновение у больных с инфарктом миокарда/ нестабильной стенокардией эрозивно-язвенных поражений желудка/12-перстной кишки наблюдается более чем у половины пациентов [2, с. 74—78; 4, с. 1135; 6, с. 273]. Гастроуденопатии (ГДП) могут привести к желудочно-кишечному кровотечению и даже смерти больного. Ранее нами установлено, что у больных с сочетанной патологией (острая коронарная недостаточность и ГДП) имеется снижение как временных, так и спектральных параметров BPC [2, с. 57—59]. По мнению Линник С.А. и соавт., определяющим фактором возникновения коморбидных поражений является понижение вагусной активности [1, с. 34]. Наиболее точно парасимпатическое влияние отражает спектральный анализ волновой изменчивости в диапазоне высоких частот — HF (0,15—0,40 Гц) [3, с. 18]. Цель исследования решение проблемы коморбидности с помощью построения математической модели гастроуденопатии как адаптивной реакции у больных с острой коронарной недостаточностью на основе случайных процессов.

**Материалы и методы**

Всем пациентам проводились обследование и лечение согласно стандартам оказания медицинской помощи при остром инфаркте миокарда/нестабильной стенокардии. Исследования слизистой желудка и 12-перстной кишки производились эндоскопическим методом на цифровом цветном видеопроцессоре «Pentax EPK-1000, Япония» на  $7\pm 1$  день пребывания больного в стационаре. Исследования variability сердечного ритма проводились на аппарате холтеровского мониторирования «Кардиотехника — 04-8(М)», «Инкарт», Россия на  $3\pm 1$  день. В исследование включили 52 больных 41 мужчин, 11 женщин (средний возраст составил  $55,8\pm 7,9$  лет) с острым инфарктом миокарда/нестабильной стенокардией, у которых при эндоскопическом обследовании обнаружены язвенно-эрозивные поражения желудка и/или 12-пк кишки — группа «ГДП+». Группу сравнения «ГДП-» составили 40 мужчин и 10 женщин (средний возраст  $55,9\pm 9,8$  лет) с острым инфарктом миокарда/нестабильной стенокардией, у которых при эндоскопическом обследовании острой гастродуоденальной патологии не выявлено. Статистическая обработка материала проведена с помощью русифицированного пакета «Статистика 6.0». Для непрерывных величин рассчитывали рассчитывались средние величины (M), стандартные отклонения (SD). Статистически значимыми считали различия  $p < 0,05$ .

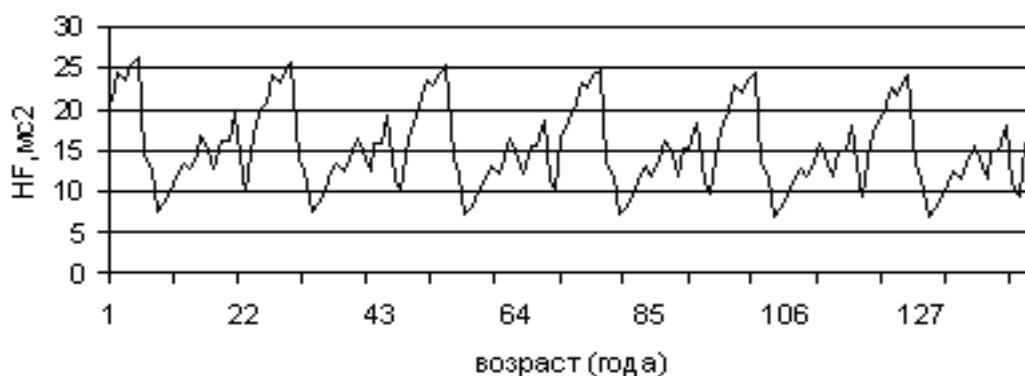
### **Результаты и обсуждение**

На основании собственных и литературных данных [5, с. 57—59; 3, с. 18] построены графики изменения у здорового человека среднего значения показателя HF в течение жизни дневного и ночного.



**Рисунок 1. Изменение показателя HF у здорового человека на протяжении жизни**

Предполагается, что в показатель HF меняется с периодичностью год, а в течении года каждые сутки не меняется, поэтому в модели рассматривается процесс изменение среднего показателя HF в течении суток каждый год. На рис. 2 для лучшей демонстрации приведены 5 лет (с 30 до 35).



**Рисунок 2. Изменения показателя HF (среднего) в течение жизни, относительно суток**

В случае наступления острых патологических процессов происходит изменение показателей HF, обозначаемое как «разладка». В таблице 1. представлены показатели HF у больных с инфарктом миокарда/нестабильной стенокардией в зависимости от появления эрозивно-язвенных поражений желудка/12-перстной кишки. Определено достоверное снижение вагусной активности в группе «ГДП+» во все время суток.

**Таблица 1.**

**Волновая изменчивость сердечного ритма в диапазоне высоких частот больных с инфарктом миокарда/нестабильной стенокардией в зависимости от появления гастродуоденопатий по данным 24-часовой регистрации ЭКГ; (M±SD).**

<b>Показатель, время</b>	<b>«ГДП+», n=52</b>	<b>«ГДП-», n=50</b>	<b>p</b>
HF, мс <sup>2</sup> , 24 часа	129±120	285±244	0,00003
HF, мс <sup>2</sup> , дневное	106±98	225±210	0,00015
HF, мс <sup>2</sup> , ночное	169±151	397±385	0,0001

Момент изменения показателей HF в математической модели принимается за момент «разладки», а восстановление показателя компенсацией. Рассмотрим более подробно математическую модель, разработанную на основе случайных процессов.

***Математическая и имитационная модели.***

Пусть на стохастическом базисе с обычными условиями Деллашери [1]  $(\Omega, F, \mathbf{F} = (F_t)_{t \geq 0}, \mathbf{P})$  задан некоторый непрерывный процесс  $X = (X_t)_{t \geq 0}$  с разладками для винеровского процесса, который описывает изменение показателя HF со временем. В первом приближении процесс  $\tilde{O} = (\tilde{O}_t)_{t \geq 0}$  записывается в виде:

$$\tilde{O}_t = -(\alpha_1 + \alpha_2 \cdot I(t \geq \theta))X_t dt + \sigma X_t dW_t, \quad (1)$$

где переменные  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и  $\sigma$  являются константами из множества вещественных чисел, заранее известными и характеризуют угол наклона разладки и размах случайности процесса. Переменная  $\theta$  — момент разладки, имеет экспоненциальное распределение с параметром  $\lambda$ ,  $W = (W_t)_{t \geq 0}$  — стандартный винеровский процесс. Предполагается, что величины  $\theta$  и  $W$  независимы.

Наблюдаемым процессом модели является процесс  $Y = (Y_t)_{t \geq 0}$ , который определяется как:

$$Y_t = X_t - \beta \cdot \int_0^t I(s \geq \tau) ds, \quad Y_0 = 0, \quad (2)$$

где  $\beta$  — уровень компенсации ( $\beta \in (0; \alpha]$ ).

Момент  $\tau$  — является моментом компенсации и определяется как:

$$\tau = \inf(t : \pi_t > a),$$

где  $a \in (0; 1)$ . Процесс  $\pi_t = P\{\theta \leq t | F_t^x\}$  определяется диффузионным уравнением:

$$d\pi_t = \lambda(1 - \pi_t)dt + \frac{\alpha}{\sigma^2} \cdot \pi_t(1 - \pi_t)(dX_t - \alpha\pi_t dt), \quad (3)$$

с  $\pi_0 = 0$  (в соответствии с решением Ширяева А.Н. задачи о разладке).

Предполагается, что существует «плата» за «уровень»  $Y_t$  и «плата» за разладку:

$$\Phi(a) = EY_T + \gamma E \int_0^T I(s \geq \tau) ds. \quad (4)$$

В данной работе рассматривается задача оптимизации:

$$E\hat{O}(a) \rightarrow \max_{a \in (0; 1)} \quad (5)$$

Решение задач оптимизации осуществляется имитационным способом и позволяет принять решение о моменте компенсации, т. е. принять действия, которые позволят нормализовать уровень HF. Момент  $T$  является константой и предполагается равным либо 10000, либо моментом остановки процесса.

### **Заключение**

В результате имитационного моделирования, получили, что оптимальный момент компенсации наступает сразу после разладки. С учетом того обстоятельства, что изучаемая нами «разладка» — это острые эрозивно-язвенные поражения желудка/12-перстной кишки — наилучший результат от профилактической антисекреторной терапии может быть получен при немедленном начале ее использования. Неоправданно длительное «ожидание результатов эндоскопического исследования» может привести к тому состоянию, когда «разладка» станет необратимой, что в данном случае будет означать острое кровотечение.

### **Список литературы:**

1. Линник С.А., Наурбиева Е.Н, Пономарева Е.П. Вариабельность сердечного ритма у пациентов с ишемической болезнью сердца, сочетанной с язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки // Клиническая медицина. — 2006. — № 1. — С. 31—34.
2. Мазурова О.В., Сапожников А.Н., Разин В.А. Поражение сосудов сердца и эрозивно-язвенные поражения желудка у больных с сахарным диабетом при остром коронарном синдроме // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 9. — С. 74—78.
3. Майстаров А.И. Методы спектрального анализа квазипериодических низкочастотных неэквидистантно квантованных сигналов: Автореф. дис. канд. тех. наук. М., 2010. — 18 с.
4. Сапожников А.Н., Бурмистрова В.Г., Галявич А.С. Факторы риска, определяющие развитие эрозивно-язвенных гастропатий, у больных с

острым коронарным синдромом // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 9. — С. 1134—1138.

5. Сапожников А.Н., Бурмистрова В.Г., Мазурова О.В. Модель появления гастродуоденопатий у больных с острым коронарным синдромом по результатам временных и спектральных показателей ритмокардиограммы // *Материалы международной межвузовской конференции*. Самара. 2014. — С. 54—59.
6. Сапожников А.Н., Бурмистрова В.Г., Разин В.А. Феномен паракоагуляции и поражения желудка у больных с острым коронарным синдромом // *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2014. — № 2. — С. 271—276.
7. Явелов И.С. Вариабельность ритма сердца при сердечно-сосудистых заболеваниях: взгляд клинициста // *Сердце*. — 2006. — № 1. — С. 18—24.