

**Гафиятуллина Гузель Шамилевна**

ГОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет Минздравсоцразвития».

E-mail: ggsh@aanet.ru.

344022, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Тел. / факс: 88632719526; +79282144290.

**Трофимова Екатерина Владимировна**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет».

E-mail: katet@inbox.ru.

344004, г. Ростов-на-Дону, ул. Калинина, 25 б, кв. 2.

Тел. / факс: 88632404708; +79188555808.

**Gafiyatullina Gyuzyal Shamilevna**

Rostov State Medical University.

E-mail: ggsh@aanet.ru.

29, Nakhichevansky street, Rostov-on-Don, 344022, Russia.

Phone / fax: +78632719526; +79282144290.

**Trofimova Ekatherine Vladimirovna**

Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University".

E-mail: katet@inbox.ru .

20 б, 2, Kalinin street, Rostov-on-Don, 344004, Russia.

Phone / fax: +78632404708; +79188555808.

УДК 615.47:616-072.7

**Ю.В. Гуров, С.Л. Загускин**

**ДИАГНОСТИКА ДЕСИНХРОНОЗОВ**

*Предлагается проводить хронодиагностику функционального состояния человека и нарушения функции сердца по фазовым десинхронозам ритмов сердца, системным десинхронозам отношения ритмов сердца и дыхания и иерархическим десинхронозам согласования ритмов сердца разных периодов.*

*Хронодиагностика; ритмы сердца; фазовые; системные; иерархические десинхронозы.*

**Ju.V. Gurov, S.L. Zaguskin**

**DIAGNOSTICS OF DESYNCHRONIZES**

*We propose to do chronodiagnosis of the human physiological condition and cardiac abnormalities by the cardiac phase desynchronizes, analysis also includes examination of cardiac and respiratory systems' interaction with respect to different heart rate values.*

*Chronodiagnostic; heart rhythms; phase desynchronizes; hierarchical desynchronizes*

Известные методы хронодиагностики, применяемые наряду с традиционным анализом variability ритма сердца при холтеровском кардиомониторировании, позволяют прогнозировать неблагоприятные нарушения функции сердца уже на ранней доклинической стадии заболевания. Эти методы используют показатели изменения акрофазы (фазовые десинхронозы) и других параметров (мезор, возникновение ультрадианных ритмов) суточного ритма [4]. Однако не менее чувствительными и более информативными, как показали наши исследования [1-3], является методы хронодиагностики системных и иерархических десинхронозов.

Системные десинхронозы возможно выявить при сравнении ритмов разных периодов одного уровня организации. Например, для уровня органов и систем организма системный десинхроноз выявляется по показателям динамики отношения частоты сокращений сердца к частоте дыхания. Данный десинхроноз характеризует не только ранние признаки заболеваний сердца и органов дыхания, но и позволяет прогнозировать неблагоприятные вегетативные реакции человека при стрессовых нагрузках, развитии устойчивой симпатикотонии или ваготонии. Иерархический десинхроноз оценивается как нарушения оптимального соотношения и согласования ритмов разных периодов, в нашем случае – по соотношению ритмов сердца разных периодов. Целью данной работы был анализ диагностических возможностей фазовых, системных и иерархических десинхронозов функции сердца и дыхания людей разного возраста, здоровых и больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Основным инструментом их анализа в данной работе был аппарат символической динамики [7] по разработанному нами методу [6].

Для суточной записи R-R интервалов использовали холтеровский кардиомонитор «Валента» (НПО «НЕО», Россия). Анализировали записи 20 больных артериальной гипертензией в возрасте от 50 до 70 лет и 20 относительно здоровых людей того же возрастного диапазона. Кроме того, анализировали 24 часовые записи ритмов сердца из базы PhysyoNet [5], а именно 54 записи здоровых людей с нормальным синусным ритмом (30 мужчин в возрасте от 28.5 до 76 и 24 женщины от 58 до 73), 44 записи людей с диагнозом застойной сердечной недостаточности (возраст от 34 до 79), 84 записи с длительной или пароксизмальной фибрилляцией предсердий и мерцательной аритмией и 19 записей с синдромом внезапной сердечной смерти. При анализе системных десинхронозов использовали записи ритмов сердца и дыхания PhysyoNet 20 молодых людей и 20 пожилых людей.

Символическая динамика позволяет упростить анализ исследуемого процесса за счет выделения его особенностей. Осуществлялось это с помощью процедуры кодирования. В настоящей работе кодирование осуществляли двумя способами. Первый способ применяли для изучения только R-R интервалов. Он заключался в том, что кодированию подвергались облака локализации точек на скаттерграммах от временных интервалов превалирующего действия парасимпатического и симпатического тонуса нервной регуляции. Эти интервалы назовем *тт*-интервалами. На рис. 1 приведена иллюстрация такой процедуры кодирования. Вторая процедура кодирования состоит в сопоставлении символов количеству сокращений сердца на один дыхательный цикл. Во всех вышеописанных способах кодирования использовались 25 символов латинского алфавита.

Следуя общепринятой терминологии, *символической строкой* называется последовательность символов, полученную в результате кодирования. *Словом* обозначается последовательность символов, которая содержится в рассматриваемой символической строке, а множество слов – *словарем*. *Запрещенными* называются слова, которые в принципе могут существовать в рамках введенной символической динамики, но не появляются в конкретной символической строке. Подробно метод и общий анализ 24-часовых записей ритмов сердца приведен нами в статье этого номера журнала [6].

На рис. 2 приведены характерные графики объемов словарей двухсимвольных слов для часовых записей в зависимости от времени суток. Видно, что для здорового молодого человека объем такого словаря большую часть времени суток достигает максимально разрешенного значения в 125 слов. Резкий спад на рис. 2,а для здорового человека объясняется переходными процессами в связи с изменением функционального состояния организма, вызванного физической нагрузкой. Ни для одного из двух больных на рис. 2,б,в величина объема словаря не принима-

ет максимального значения. Для больных людей характерны значительные колебания объема словаря в течение суток, причем резкое снижение этого значения может предшествовать на 1-2 часа наиболее выраженным нарушениям функции сердца (аритмии, ишемия).

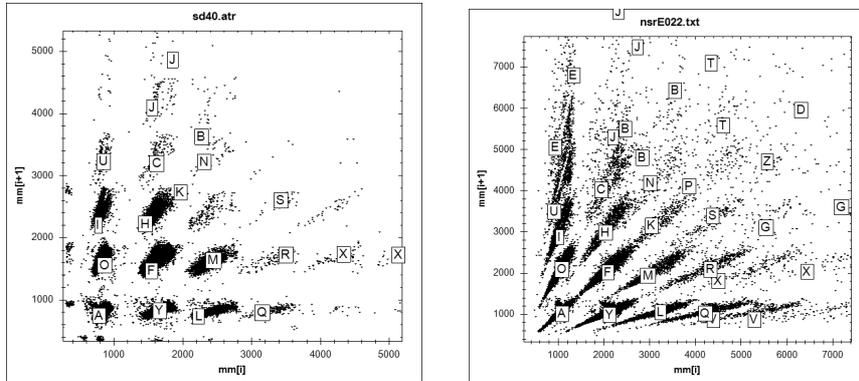


Рис. 1. Скаттерограмма  $tt$ -интервалов и иллюстрация процедуры кодирования облаков локализации точек на ней. Пример взят для суточной записи больного с синдромом внезапной сердечной смерти (слева) и здорового человека (справа) (по осям отложено время в мс)



а



б

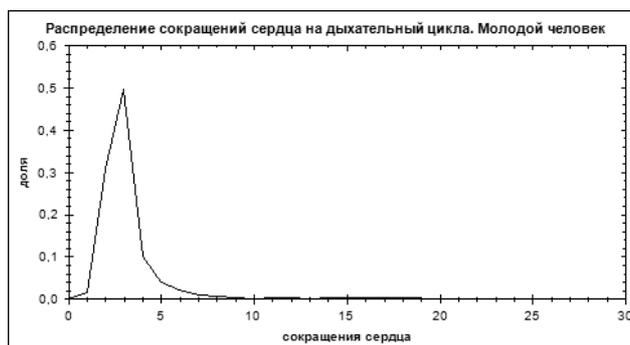


В

Рис. 2. Графики зависимости объема словарей двухсимвольных слов для часовых отрезков суточных записей в зависимости от времени суток. По горизонтальной оси отложена позиция в символической строке, с которой начинается часовой анализ суточной записи (цифры отражают количество тысяч R-R-интервалов), по вертикали — объем словаря: а — здоровый человек; б — больной с застойной сердечной недостаточностью; в — больной с мерцательной аритмией



а



б

Рис. 3. Графики распределений количества сокращений сердца на один дыхательный цикл: а — график для пожилого человека; б — для молодого (оба субъекта здоровые)

Метод символьной нелинейной динамики анализа системных десинхронозов по отношению частоты сердечных сокращений к частоте дыхания позволяет прогнозировать неблагоприятные реакции у больных и здоровых людей. На рис. 3 приведены два характерных графика распределения количества сокращений сердца на дыхательный интервал для пожилого и молодого человека. Эти графики были построены в ходе анализа символических строк для записей дыхательных ритмов. Видно, что для молодого человека этот график распределения более локализован возле среднего значения в 3,5 сокращения сердца на дыхательный цикл.

Наиболее информативны и чувствительны для прогнозирования неблагоприятных реакций иерархические десинхронозы. Их наличие и характер позволяет также проводить дифференциальную диагностику различных заболеваний сердца и органов дыхания (рис. 4).

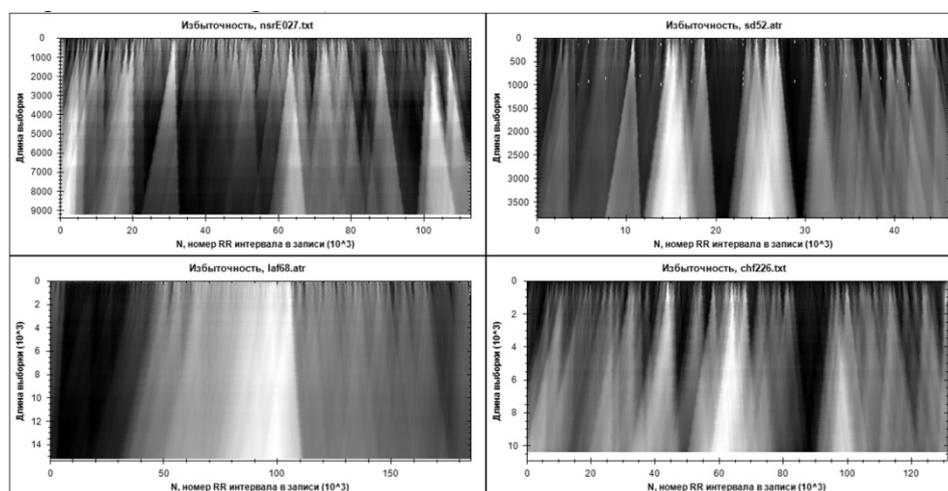


Рис.4. Суточные диаграммы избыточности для здорового человека (вверху, слева) и больных с синдромом внезапной смерти, с мерцательной аритмией и с застойной сердечной недостаточностью. По оси  $x$  – номер R-R интервала, от которого начинается отсчет избыточности (масштаб в тысячах R-R интервалах), по оси  $y$  – длина выборки значений избыточности в последовательности R-R интервалов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуров Ю.В., Загускина С.С., Загускин С.Л. Компьютерная программа анализа межпульсовых и дыхательных интервалов // Владикавказский медико-биологический вестник. – 2007. – Т. VII. – Вып. 13. – С. 133-137.
2. Загускин С.Л., Гуров Ю.В. Устройства хронодиагностики и биоуправляемой хронофизиотерапии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 9 (98). – С. 78-83.
3. Загускина С.С., Загускин С.Л., Гуров Ю.В. Необходимость учета околочасовых ритмов при оценке вариабельности ритма сердца // Бюлл. exper. биол. и мед. – 2008. – Т. 137, № 8. – С. 161-165.
4. Хетагурова Л.Г., Салбиев К.Д. Хронопатофизиология доклинических нарушений здоровья. – Владикавказ. Проект-пресс. 2000. – 176 с.
5. База данных записи R-R интервалов ЭКГ здоровых и больных людей <http://physionet.org>.
6. Гуров Ю.В. Диагностические возможности символической динамики // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 8 (109). – С. 45-50
7. Voss A., Schulz S., Schroeder R., Baumert M., Caminal P. Methods derived from nonlinear dynamics for analyzing heart rate variability // Phil. Trans. R. Soc. A. 2009. 28 (367). – P. 277-296.

**Гуров Юрий Владимирович**

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета.

E-mail: noisegen@mail.ru.

344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194.

Тел.: +79081914297.

**Загускин Сергей Львович**

E-mail: zag@ip.rsu.ru.

344022, г. Ростов-на-Дону, а/я 3408.

Тел.: +79185144967.

**Gurov Jury Vladimirovich**

Southern Federal University, Physics Research Institute.

E-mail: noisegen@mail.ru.

194, Stachki prosp., Rostov-on-Don, 344090, Russia.

Phone: +79081914297.

**Zaguskin Sergey Lvovich**

E-mail: zag@ip.rsu.ru.

3408, P.B., Rostov-on-Don, 344022, Russia.

Phone: +79185144967.

УДК 615.47+51-76

**Ю.В. Гуров**

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИМВОЛИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ**

*Для анализа ритмов сердца использована символическая динамика, введенная посредством кодирования временных интервалов преобладающего действия парасимпатического или симпатического тонуса нервной регуляции. Для коротких записей ритмов сердца обнаружены закономерности возрастных изменений и различных патологий. Дополнительно рассматриваются возрастные различия для записей пульса и дыхания.*

*Символическая динамика; ритмы сердца и дыхания; диагностика сердечно-сосудистых заболеваний; возрастные изменения.*

**Ju.V. Gurov**

**DIAGNOSTIC CAPABILITIES OF SYMBOLIC DYNAMICS**

*Symbolic dynamics used to study cardiac rhythms are reviewed. Symbolic dynamics is given by coding of time intervals of predominant parasympathetic or sympathetic tones' activity. Effects of aging and pathology are found in short-time records of cardiac rhythm. Additionally for aging effect breath and pulse records are reviewed.*

*Symbolic dynamic; cardiac and breath rhythms; diagnostics of heart failures; aging effect.*

**Введение.** Символическая динамика является мощным инструментом при анализе различного рода процессов. Она позволяет существенно упростить изучение рассматриваемого процесса за счет выделения особенностей его динамики с помощью процедуры кодирования. Более того, символическая динамика устойчива по отношению к артефактам в исследуемых записях и, в зависимости от введенного кодирования, не очень требовательна к качеству представленных данных. Символическая динамика в приложении к исследованию ритма сердца применялась ранее, см. например [1-3]. В этих работах различие между подходами заключается в применении различных процедур кодирования. В настоящей работе также будет представлен новый способ кодирования и приведены возможности диагностики по