КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13233 УДК 371.7:616.12
Беспалов Ю. Г., Высоцкая Е. В., Жолткевич Г. Н., Носов К. В., Печерская А. И., Рак Л. И. Дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновение хронической системной недостаточности у подростков// Концепт. – 2013. – № 11 (ноябрь). – ART 13233. – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13233.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Беспалов Юрий Гаврилович,
старший научный сотрудник лаборатории моделирования адаптационных механизмов биологического факультета Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина, г. Харьков
bespalov@univer.kharkov.ua
Высоцкая Елена Владимировна,
кандидат технических наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков
evisotska@mail.ru
Жолткевич Григорий Николаевич,
доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, декан механико-математического факультета, заведующий кафедрой теоретической и прикладной информатики Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина, г. Харьков
g.zholtkevych@gmail.com
Носов Константин Валентинович,
кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории моделирования адаптационных механизмов биологического факультета Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина, г. Харьков
k-n@nm.ru
Печерская Анна Ивановна,
научный сотрудник кафедры биомедицинской инженерии Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков
pecherskaya.a@mail.ru
Рак Лариса Ивановна,
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения педиатрии и реабилитации ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», г. Харьков
lirack@yandex.ua

Дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновения хронической сердечной недостаточности у подростков

Аннотация. *Проведено дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновения хронической сердечной недостаточности у подростков. Построены модели, отражающие структуру межкомпонентных и внутрикомпонентных отношений между значениями альдостерона, норадреналина, фракции выброса левого желудочка после физической нагрузки, индекса конечного диастолического объема левого желудочка после физической нагрузки, которые соответствуют современным представлениям о механизмах возникновения хронической сердечной недостаточности.*
Ключевые слова: *дискретные модели динамических систем, структура межкомпонентных и внутрикомпонентных отношений, траектория системы, хроническая сердечная недостаточность.*

Состояние вопроса. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) у подростков – актуальная проблема современной кардиологии. Ранняя диагностика ХСН является важной задачей, ведь именно ранние лечебно-профилактические меро-

приятия возвращают пациентам полноценную активность и трудоспособность, предупреждают прогрессирование ХСН.

Системный характер процессов возникновения ХСН требует системного подхода. Весьма эффективным, в рамках данной проблематики, представляется использование нового класса математических моделей – дискретных моделей динамических систем (ДМДС) [1–4]. Задачей ДМДС является описание структуры отношений между компонентами систем самой разной природы. В качестве таких компонент могут выступать виды в сообществе живых организмов, биохимические и физиологические параметры организма на молекулярном уровне, биомеханические параметры, разные социальные группы.

Дискретное моделирование динамической системы, состоящей из определенного числа компонентов, позволяет на основании матрицы корреляционных отношений (КМ) между компонентами описать структуру межкомпонентных и внутрикомпонентных отношений (СМВО), обусловливающих позитивное или негативное влияние компонентов друг на друга, а также влияние каждой компоненты на себя саму. СМВО вместе с начальными условиями определяют вид траектории системы (ТС), представляющей значения компонент на каждом из условных временных шагов.

При квазилибиховском (основанном на законе лимитирующего фактора Ю. Либиха) подходе значение компоненты по умолчанию (при отсутствии негативных влияний) растет; при наличии хотя бы одного снижающего влияния (выполняющего роль, аналогичную роли либиховского лимитирующего фактора) значение компоненты снижается; при отсутствии снижающих влияний и наличии хотя бы одного стабилизирующего влияния (также выполняющего роль, аналогичную роли либиховского лимитирующего фактора) на текущем шаге сохраняется значение компоненты, бывшее на предыдущем. Таким образом, достаточно одного снижающего или стабилизирующего влияния, присутствующего во внутрикомпонентном влиянии или в одной паре межкомпонентных отношений, чтобы возможности, обусловленные другими отношениями, не реализовались или не сыграли своей, получающей однозначную идентификацию, роли (например, в ситуациях, когда несколько негативных влияний приводят к одному и тому же результату).

При весовом подходе влияния суммируются, и при этом возможна ситуация, когда пороговое (необходимое для того или иного типа изменений от предыдущего шага к текущему) значение результата такого суммирования будет достигнуто независимо от реализации возможностей, обусловленных некоторыми внутрикомпонентными и межкомпонентными отношениями.

Одной КМ, построенной на основе анализа присутствующих в фактическом материале корреляционных отношений между компонентами, могут соответствовать несколько СМВО. То есть использование ДМДС допускает возможность того, что одна структура корреляционных отношений может быть объяснена с помощью нескольких моделей. Польза ДМДС видится в том, что с их помощью формируются рабочие гипотезы, которые позже должны проверяться другими методами. В связи с этим вспоминается высказывание Дж. Бокса о том, что нет истинных моделей, есть только модели полезные [5].

Предметом настоящей работы является построение ДМДС для исследования некоторых системных аспектов возникновения ХСН.

Материал и методика. ДМДС строились с использованием вышеописанной квазилибиховской идеологии и пирсоновской корреляции на основе материала об-

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13233 УДК 371.7:616.12
Беспалов Ю. Г., Высоцкая Е. В., Жолткевич Г. Н., Носов К. В., Печерская А. И., Рак Л. И. Дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновение хронической системной недостаточности у подростков// Концепт. – 2013. – № 11 (ноябрь). – ART 13233. – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13233.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

следований группы контроля (ГК) из 67 человек, группы из 65 пациентов с ХСН (ХСН) и группы из 27 пациентов, имеющих патологию сердечно-сосудистой системы, но без ХСН (без ХСН).

Полученные результаты и их обсуждение. Для каждого из вариантов (ГК, ХСН и без ХСН) построены модели с использованием ДМДС, отражающие структуру отношений между значениями альдостерона, норадреналина, фракции выброса левого желудочка после физической нагрузки (ФВ), индекса конечного диастолического объема левого желудочка после физической нагрузки (ИКДО). Для каждого из трех упомянутых вариантов было получено несколько различающихся СМВО, соответствующих одной, полученной в результате обработки фактического материала МКО и одной ТС, отражающей один и тот же цикл изменений значений компонент. В таблицах 1–3 представлены КМ каждой из трех исследуемых групп.

Таблица 1

Корреляционная матрица для ГК

	ФВ	*Норадреналин*	*Альдостерон*
ИКДО	– 0,227	0,047	0,088
ФВ		0,332	– 0,168
Норадреналин			– 0,205

Таблица 2

Корреляционная матрица для группы без ХСН

	ФВ	*Норадреналин*	*Альдостерон*
ИКДО	– 0,147	– 0,225	0,238
ФВ		0,128	0,223
Норадреналин			– 0,288

Таблица 3

Корреляционная матрица для группы ХСН

	ФВ	*Норадреналин*	*Альдостерон*
ИКДО	– 0,19	0,197	– 0,071
ФВ		– 0,28	0,135
Норадреналин			– 0,111

На рис. 1–3 представлены графы, отражающие общие черты структур межкомкомпонентных отношений, полученных для соответствующего варианта, где прямоугольниками обозначены компоненты системы, а овалами – отношения (двусторонние влияния). При этом знак соответствующего влияния дан в овале ближе к компоненте, на которую действует данное влияние.

В таблицах 4–6 представлен вид ТС для каждого из вариантов (значения компонентов даны в условных баллах: низкое, среднее, высокое – 1, 2, 3 балла соответственно, различие значений в баллах подчеркнуто размерами цифр). При этом в строках представлены значения компонент в баллах, в столбцах – условные временные шаги.

При анализе СМВО особое внимание обращалось на отношения типа «+, –», обеспечивающие функционирование отрицательных обратных связей, которые поддерживают относительную стабильность значений, находящихся в динамическом равновесии компонент. Речь может идти, в частности, о паре компонент, значение одной из которых (положительно влияющей на другую) может трактоваться как характеристика процесса, а значение другой (отрицательно влияющей на первую) как результат процесса.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13233 УДК 371.7:616.12
Беспалов Ю. Г., Высоцкая Е. В., Жолткевич Г. Н., Носов К. В., Печерская А. И., Рак Л. И. Дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновение хронической системной недостаточности у подростков// Концепт. – 2013. – № 11 (ноябрь). – ART 13233. – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13233.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

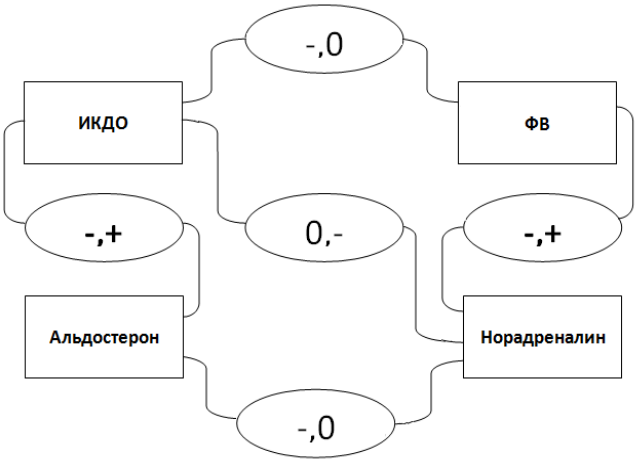

Рис. 1. Общие черты всех структур межкомкомпонентных отношений в моделях, полученных для ГК

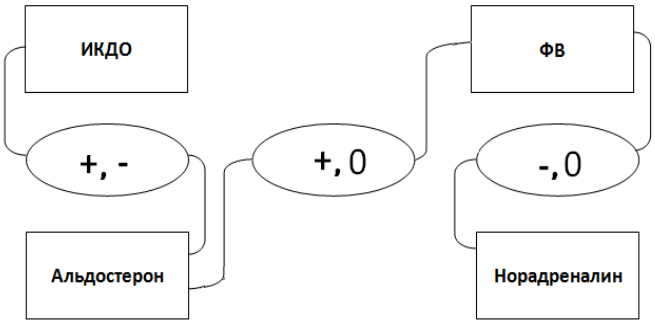

Рис. 2. Общие черты всех структур межкомкомпонентных отношений, полученных для группы без ХСН

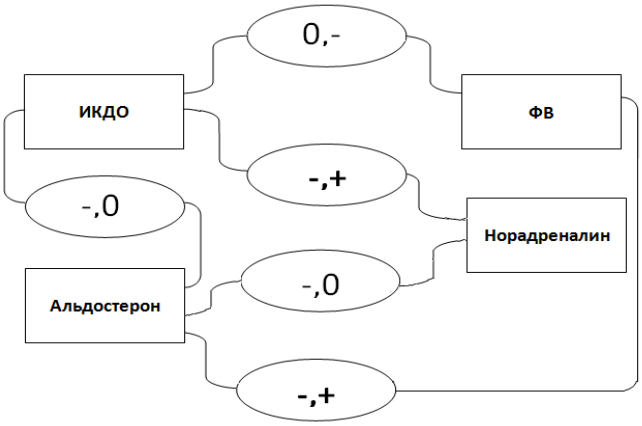

Рис. 3. Общие черты всех структур межкомкомпонентных отношений, полученных для группы ХСН

Таблица 4

Траектория системы, полученная ГК

	Временные шаги															
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ИКДО	1	2	**3**	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1
ФВ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1
Норадреналин	1	2	2	1	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1
Альдостерон	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1	1	1	1	1

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 13233 УДК 371.7:616.12
Беспалов Ю. Г., Высоцкая Е. В., Жолткевич Г. Н., Носов К. В., Печерская А. И., Рак Л. И. Дискретное моделирование динамических систем симптоматики возникновение хронической системной недостаточности у подростков// Концепт. – 2013. – № 11 (ноябрь). – ART 13233. – 0,4 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13233.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Таблица 5

Траектория системы, полученная для группы без ХСН

	Временные шаги											
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИКДО	1	1	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1
ФВ	1	2	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1
Норадреналин	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Альдостерон	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1

Таблица 6

Траектория системы, полученная для группы ХСН

	Временные шаги															
Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ИКДО	1	2	2	1	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1
ФВ	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1	1	1	1	1
Норадреналин	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	**3**	**3**	**3**	2	1
Альдостерон	1	2	**3**	**3**	**3**	**3**	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1

Из рис. 1–3 следует, что в контроле состояние динамического равновесия поддерживается отношениями типа «+, –» между такими двумя парами компонент: ИКДО и Альдостерон; ФВ и норадреналин (рис. 1). В варианте без ХСН такой тип отношений присутствует только между альдостероном и ИКДО (рис. 2). В варианте ХСН наличествуют другие пары компонент, связанные отношениями типа «+, –». Речь идет о парах ИКДО и норадреналин, ФВ и альдостерон (рис. 3). Различия в содержании отношений типа «+, –» и замена их отношениями других типов, не обеспечивающих динамического равновесия, приводят к различиям в характере чередования максимумов и минимумов значений компонент в ТС, что видно из таблиц 4–6. Это, в свою очередь, может приводить к представляющим интерес для диагностики различиям в размещении в многомерном пространстве признаков подпространств, отвечающих здоровью и рассматриваемым нами нозологическим состояниям.

Заключение. Общие, для каждой из наблюдаемых групп (ГК, без ХСН и ХСН), черты соответствуют современным представлениям о механизмах возникновения ХСН. Некоторые аспекты поведения моделей, описывающие отношения компонент системы, отражающих функционирование сердечно-сосудистой и симпатоадреналовой систем, могут быть использованы экспертом при построении и эксплуатации систем информационной поддержки принятия решений в области подростковой медицины. При этом могут быть использованы, наряду с применяемыми в данной работе, и другие параметры, отражающие характер функционирования сердечно-сосудистой и симпатоадреналовой систем, в частности, измеряемые неинвазивными методами.

Ссылки на источники

1. Zholtkevych G. N., Bespalov G. Yu., Nosov K. V., Abhishek M. Discrete modeling of dynamics of zooplankton community at the different stages of an antropogeneous eutrophication // Acta Biotheoretica, 2013. – № 8. – С. 48–53.
2. Беспалов Ю. Г., Дереча Л. Н., Жолткевич Г. Н., Носов К. В. Дискретная модель системы с отрицательными обратными связями // Вестник Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина. Серия «Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизация систем управления», 2008. – № 833. – С. 27–38.

3. Bespalov Yu., Gorodnyanskiy I., Zholtkevych G., Zaretskaya I., etc. Discrete dynamical modeling of system characteristics of a turtle's walk in ordinary situations and after slight stress // Бионика интеллекта, 2011. – № 3 (77). – С. 54–59.
4. Беспалов Ю. Г., Жолткевич Г. Н., Кислова О. Н., Носов К. В., Шпорт А. М. Внедрение интеллектуального анализа данных в социальные исследования: дискретная динамическая модель переселения украинских крестьян в Сибирь в конце XIX – начале XX столетия // Научное онлайн издание «SOCIOПРОСТIР». – 2011. – № 2. – С. 7–13.
5. Box G. E. P. Robustness in the strategy of scientific model building. – Robustness in Statistics, 1979.

Bespalov Yuriy,
senior research worker, laboratory adaptation mechanisms modeling of biological faculty, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv
bespalov@univer.kharkov.ua
Vysotskaya Elena,
candidate of Engineering Sciences, Professor at the chair of biomedical engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv
evisotska@mail.ru
Zholtkevych Grygoriy,
doctor of Engineering Sciences, Candidate of Physico-mathematical Sciences, Dean of mathematic and mechanical engineering faculty, head at the chair of theoretical and applied computer science, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv
g.zholtkevych@gmail.com
Nosov Konstantin,
candidate of Physico-mathematical Sciences, research worker, laboratory adaptation mechanisms modeling of biological faculty, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv
k-n@nm.ru
Pecherska Anna,
research worker, chair of biomedical engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv
pecherskaya.a@mail.ru
Rak Larisa,
doctor of Medical Sciences, leading research worker, department of pediatrics and rehabilitation care, Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine, Kharkiv
lirack@yandex.ua

The dynamic systems discrete modeling of the chronic heart failure origins symptomatology of teenagers

Abstract. The dynamic systems discrete modeling of the chronic heart failure origins symptomatology of teenagers is conducted. Models, reflecting the structure of intercomponent and incomponent relations between the values of aldosterone, noradrenalinum, faction of the leftventricles troop landing after physical activity, index of the left ventricles eventual diastole volume after physical activity are built. They correspond to the modern ideas about the chronic heart failure origins mechanisms.

Keywords: the discrete models of dynamic systems, structure of intercomponent and incomponent relations, systems trajectory, chronic heart failure.

ISSN 2304-120X
11
9 772304 120135

Рекомендовано к публикации:
Некрасовой Г.Н., доктором педагогических наук, профессором, членом редакционной коллегии журнала «Концепт»