

УДК 612.172/.176.4-073.97

**ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АКТИВАЦИИ
САНОГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ У ШКОЛЬНИКОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Минина Е. Н., Богач И. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: cere-el@yandex.ru*

В школьном возрасте на здоровье учащихся на фоне физиологических возрастных особенностей оказывает значительное влияние сам процесс образования и средовые факторы. В оценке роли образовательной среды в жизни детей наблюдается однобокость, ее влияние рассматривается только как фактор риска для здоровья учащихся, с возможным переходом на уровень фактора патогенетического. Использование факторного анализа (метода главных компонент) и математического моделирования (алгебраической модели конструктивной логики) позволило изучить характер функциональных взаимоотношений частей целостного организма и выявить возрастные особенности саногенеза в процессе роста и развития в образовательной среде. Выявлено, что наиболее важные системообразующие показатели функционального состояния кардиореспираторной системы у школьников разных возрастов различны, а на фоне образовательной среды формируют специфические дисфункциональные состояния. Математические алгоритмы позволили выявить возрастные маркеры возникновения риска дисфункциональных состояний, на основании которых была разработана схема принятия решений при их использовании в оценке уровня функционального состояния и направленности коррекционных мероприятий.

Ключевые слова: саногенез, математическое моделирование, факторный анализ, возрастные особенности.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе роста и развития организма ребёнка формирующийся запас резервных возможностей обеспечивает надежность и целесообразность в работе любой биологической системы. Именно надежность функционирования биологических систем она отражает высокий приспособительный эффект развития организма на каждом этапе онтогенеза и является одним из общих принципов индивидуального развития [1, 2]. При этом гетерохронное созревание различных функциональных систем в разные сроки постнатальной жизни в зависимости от их значимости обеспечивают жизненно-важных функций оптимальное приспособление организма к условиям существования [1–3].

В школьном возрасте на здоровье учащихся на фоне физиологических возрастных изменений оказывает значительное влияние сам процесс образования и

средовые факторы. Причем «состояние среды жизнедеятельности современных российских школьников является неблагоприятным для нормального роста, развития и здоровья учащихся» [4].

В оценке роли образовательной среды в жизни детей наблюдается некоторая однобокость и её влияние рассматривается только как фактор риска для здоровья учащихся, с возможным переходом на уровень патогенетического фактора [5, 6]. При этом на фоне действия патогенетических факторов, в том числе индуцированных влиянием образовательной среды, происходит активация саногенетических факторов, обеспечивающих продуктивное взаимодействие организма ребенка со средой и восстанавливающих нарушенное равновесие в организме [7] (Рис. 1).

В этом случае нарушения гомеостаза организма в группах условно здоровых учащихся, что находит свое отражение в изменениях показателей функциональной активности различных органов и систем организма, мало изучены, а маркеры возникновения рисков и ранних проявлений дизадаптации, с учётом возрастных особенностей школьников, недостаточно отражены в литературе. Однако отмечается, что учебная деятельность обучающихся школьников в 1, 5, 9 и 11 классах отличается наибольшей стрессовой составляющей, по причине смены социальных требований и сложности выполняемых учебных заданий.

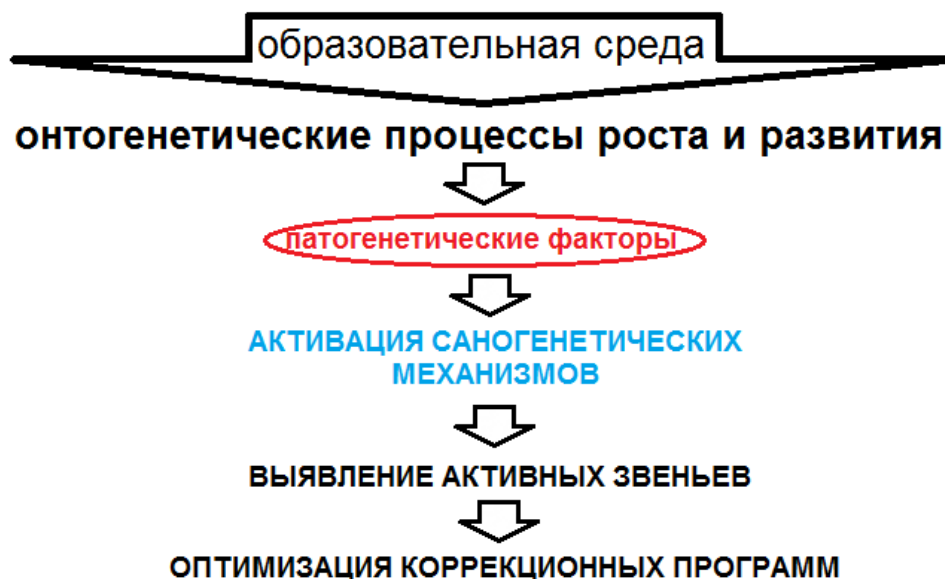


Рис. 1. Схема влияния факторов на организм ребёнка в условиях образовательной среды

Статистический анализ помогает понять структуру многомерного массива полученных данных, провести их классификацию, выявить взаимосвязи [2, 8], что позволяет определить стратегию принятия решения при выборе оптимальной

коррекционной программы и составлении адекватного комплекса физической реабилитации.

Использование математических алгоритмов в анализе параметров кардиореспираторной системы, позволит изучить характер функциональных взаимоотношений частей целостного организма и особенности формирования их взаимосвязей в процессе роста и развития в условиях образовательной среды и решать разноплановые задачи в оценке, ранжировании и коррекции уровня здоровья школьников при реализации здоровьесберегающих технологий.

В связи с вышесказанным, **целью** исследования явилось выявление возрастных маркеров активации саногенетических механизмов у школьников в периодах, наиболее подверженных стрессовому влиянию, и разработку схемы принятия решений в оценке уровня функционального состояния кардиореспираторной системы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Регистрацию и анализ ЭКГ в фазовом пространстве с определением параметров фазовой графической иллюстрации (ФГИ), фазового усреднённого кардиоцикла (ФУК) и variability сердечного ритма проводили с помощью программно-технического комплекса «ФАЗАГРАФ®» [9–14], в котором реализована оригинальная информационная технология обработки электрокардиосигнала в фазовом пространстве с использованием идей когнитивной компьютерной графики и методов автоматического распознавания образов (МНУЦИТИС НАН и МОН Украины). Анализировали следующие показатели ритма сердца: индекс напряжения Баевского (ИН, усл. ед), моду (M_0 , мс), амплитуду моды (AM_0 , %), SDNN — стандартное отклонение N–N— интервалов; SDANN — стандартное отклонение средних значений SDNN из 5 (10)-минутных сегментов, RMSSD — квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар N–N-интервалов, NN50 — количество пар последовательных N–N-интервалов за весь период записи, различающихся более чем на 50 мс.; спектральные показатели сердечного ритма: высокочастотная компонента (HF, %), медленные волны 1-го порядка (LF, %), медленные волны (VLF, %), коэффициент вагосимпатического баланса рассчитывали по формуле LF/HF (усл. ед.),

Для оценки структуры ЭКГ-сигнала при различных условиях с использованием ФГИ, полученной в результате преобразования ЭКГ-сигнала в фазовой плоскости, изучали следующие параметры:

- параметр симметрии фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории (βT , ед.) и выборочную дисперсию симметрии зубца T ($d\beta T$, ед.), которую рассчитывали автоматически по формуле

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

- параметр рассеивания точек фазовых траекторий (σ_{QRS} , ед.)
- угол ориентации усредненной фазовой траектории (α_{QRS} , град.)

- показатель отношения площадей петель зубца Т и комплекса QRS усредненной фазовой траектории (STR, ед.)

Параметры фазовой графической иллюстрации: симметрия участка фазовой графической иллюстрации, соответствующей зубцу Т одноканальной ЭКГ (βT , ед.), рассчитывалась автоматически по отношению $D2/D1$; показатель отношения площадей петли Т и петли QRS (STR, ед.) рассчитывали методом планиметрического измерения площади. Анализировали параметры ФУК: продолжительность амплитудные характеристики зубцов P, Q, R, S, T (мс), смещение ST, мс.

Регистрация количественных показателей CO_2 во время выдоха проводилась с помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД». Капнограмму записывали в состоянии относительного покоя. Регистрировали следующие показатели: показатель неравномерности дыхания (UB, %), долю мёртвого пространства в общей вентиляции (Vd/VE , %), конечно-эспираторное парциальное давление CO_2 , ($PetCO_2$, мм рт.ст.)

Применяли факторный анализ (метод главных компонент), принимали значения только сильных факторных нагрузок ($>|0,7|$), сумма дисперсий факторов, взятых в рассмотрение $> 0,5$. Построение нелинейной математической модели выполняли с помощью математического аппарата алгебраической модели конструктивной логики (АМКЛ) [16, 17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Логика проведённого факторного анализа позволила проследить особенности формирования функциональных систем у школьников разных возрастов. В каждом возрастном периоде выделено несколько факторов – главных компонент, которые объединяют сильно коррелирующие между собой переменные, как следствие происходит перераспределение дисперсии между компонентами и получается максимально простая и наглядная структура факторов (табл. 1).

Согласно полученным данным, у школьников первого класса в связи со структурной и функциональной незрелостью элементов управления, дисфункциональные состояния ассоциировались с активацией стресс-лимитирующих механизмов, сопровождающихся снижением миокардиальных резервов. При этом необходимо заметить, что было выявлена гиперактивность вагальной активности, приводящая к дисфункции предсердного проведения и электрической нестабильности миокарда. Как известно недостаточные энергетические возможности отражались на метаболических процессах и являлись причиной дистрофических изменений в клетках мышечной ткани и миокарда и скелетных мышц, а одними из характерных проявлений у детей младшего школьного возраста является мышечная астения, церебрастения и дисбаланс вегетативной регуляции.

Вероятно, этот симптомокомплекс необходимо купировать активацией саногенетических механизмов в процессе комплексной физической реабилитации, которая должна включать массаж, физические упражнения, направленные на оптимизацию мышечного тонуса и укреплению мышечного корсета с системным

вовлечением всех мышечных групп и физические и дыхательные упражнения, направленные на активизацию внесердечных факторов кровообращения.

Таблица 1

Группировка показателей функционального состояния школьников разных классов в выделенных факторах

№	Факторы	Показатели	Классы			
			1 класс	5 класс	9 класс	11 класс
1	Симпатической централизации	ЧСС, уд/мин Амо, %		0,88207 0,93639		0,83303
2	Активности гомеостатической регуляции	SDNN, мс	-0,77914		0,81448	-0,8215
3	Электрического статуса и проводимости миокарда	Сегмент PQ, мс	-0,79721		0,790238	0,897141
		Сим. Т (βТ), ед	-0,81227	0,861423	-0,70977	
		Смещение ST, мс	-0,83907		0,706465	
4	Вагорегуляторно-капнический	РЕТСO ₂ мм рт.ст р NN50, %		0,738932 0,861423	0,83744	0,907564

Примечание: в таблице приведены значения только сильных факторных нагрузок ($> |0,7|$), сумма дисперсий факторов, взятых в рассмотрение $> 0,5$

Анализ состояния кардиореспираторной системы в учащихся 5 класса выявил, что признаками адаптации организма учащихся к комплексному влиянию факторов образовательной среды является усиление активности высших надсегментарных звеньев вегетативной регуляции, сопровождающихся возможностью компенсаторного включения системы дыхания. Соответственно коррекционные мероприятия должны быть направлены на формирование и поддержание саногенетических механизмов, имеющих вышеперечисленные точки приложения, а именно на снижение активности высших центров вегетативной регуляции и увеличением сегментарных влияний на хронотропную функцию сердца, ростом общей вариабельности объемных характеристик центрального кровообращения, обусловленным увеличением низкочастотных колебаний, тесно связанных с сегментарными регулируемыми влияниями. Функциональные характеристики вентилаторной функции обследуемых детей определенным образом были оценены по газообменным процессам в легких. Высокие уровни легочной вентиляции при тахипноическом типе дыхания в покое являлись фактором, приводящим к снижению напряжения CO₂ в пробах выдыхаемого воздуха. Избыточное вымывание метаболической углекислоты из организма и формирование состояния гипокапнии вследствие гипервентиляции способствовало изменению парциального давления CO₂ в артериальной крови, развитию дыхательного алкалоза. Усиление вентиляции в состоянии покоя может быть связано с ослаблением гиперкапнического стимула

дыхания и повышением роли гипоксического в регуляции внешнего дыхания. Такие изменения обусловлены наличием дефицита кислорода в организме и деформацией кислородсвязывающей и кислородтранспортной системы. В связи с вышесказанным наиболее оптимальной программой физической реабилитации школьников 10–11 лет могли составить циклические упражнения аэробной направленности и респираторная тренировка, направленная на регуляторную оптимизацию функции внешнего дыхания с переключением регуляции с гипоксического на гиперкапнический стимул, увеличение толерантности к гипоксии и совершенствование всех звеньев механики дыхания.

Школьники 9 класса 14–15 лет характеризовались повышением активности парасимпатической и гуморальной гомеостатической регуляции. Гиперактивация этого звена регуляции вероятно не позволяло реализовывать мобилизационную функцию стресс-реализующих систем и снижению миокардиальных резервов, а возникающая дыхательная синусовая аритмия в состоянии покоя свидетельствовала о неэффективном кардиореспираторном функционировании, возможно на фоне психоэмоциональной лабильности и как следствие напряжения регуляторных механизмов. Рекомендуемые специальные коррекционные мероприятия: программы саморегуляции (аутотренинг, идиомоторные упражнения в управляемом расслаблении и напряжении, закаливание), дыхательная гимнастика с произвольным управлением акта дыхания и массаж.

С учётом увеличения нагрузки в условиях образовательной среды к 11 классу у школьников 16–17 лет было зарегистрировано включение всех выявленных 4-х факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы. В компенсаторно-приспособительные механизмы развивающегося организма были вовлечены все возможные адаптационные резервы, что вызывало повышение напряжения механизмов регуляции и их истощение. Рекомендованные коррекционные мероприятия должны включать все вышеперечисленные для других возрастных групп, а вопрос о наиболее эффективном их сочетании и комбинировании может стать целью наших дальнейших исследований.

Таким образом, формирование функционального состояния школьников в процессе адаптации к средствам коррекции определялось многообразием включения различных компонентов единой функциональной системы, направленной на обеспечение приспособительного эффекта. Использование факторного анализа позволило, в этой связи, определить ведущие составляющие, на долю которых приходился наибольший вклад в реализацию адаптационных реакций. Предложенные программы коррекции предположительно будут максимально эффективно способствовать совершенствованию механизмов адаптации, расширению функциональных резервов организма учащихся.

При математическом моделировании дополнительно было выявлено, что показатели ФГИ и ВСР, в определённых диапазонах, являлись маркерами нарушения кардиогемодинамического функционирования у детей школьного возраста независимо от возраста. Так, к таким индикаторам были отнесены следующие показатели: дисперсия симметричности зубца Т ($d\beta T$, ед) в диапазоне

значений более 0,16 мс, депрессия сегмента ST более значений -0,017 мс и продолжительность зубца T в диапазоне менее 0,25 мс и более 0,27 мс.

Анализ полученных результатов исследования функционального состояния кардиореспираторной системы для практической качественно-количественной оценки организма школьников дал возможность по принципу равноправных голосований сформировать схему принятия решения при выявлении риска возникновения дисфункциональных состояний по маркерным показателям (табл. 2, табл. 3).

Таблица 2

Маркеры и значения их нормы, используемые в схеме принятия решений

№	Показатель	Норма	Вес показателя в %
1	ЧСС, уд/мин	70–90 + По возрасту	10 %
2	PQ, с	120–200	10 %
3	β_T , ед	< 0,72	10 %
4	АМо, %	< 40	10 %
5	pNN50%	27±12	10 %
6	SDNN, мс	40-80	10 %
7	РЕТСO ₂ , мм рт. ст.	35-45	10 %
8	d β_T , ед	<0,16	10 %
9	Смещение ST, мс	-0,017	10 %
10	T, мс	0,25–0,27	10 %

Таблица 3

Схема принятия решений при оценке риска возникновения дисфункциональных состояний кардиогемодинамики у школьников

$\leq 30\%$	Низкий риск
30–60%	Средний риск
$\geq 60\%$	Высокий риск

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением математических алгоритмов выявлено, что наиболее важные системообразующие показатели функционального состояния кардиореспираторной системы у школьников разных возрастов различны, а на фоне образовательной среды формируют специфические дисфункциональные состояния. Анализ полученных результатов позволил сформировать систему выявления рисков дисфункций кардиореспираторной системы у школьников, которая позволит оценить и определить направление коррекционных мероприятий функционального состояния.

Список литературы

1. Yong people's health in context. Health behavior in school aged Children (BSC) study: international report from 2001/2002 survey/ [Ed / Candace Currie et al.] – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2007. – 270 p.
2. Агаджанян Н. А. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.
3. Маркасян А. А. Основы морфологии и физиологии организма детей и подростков / Маркасян А. А. – М.: Медицина, 1969. – 292 с.
4. Потапчук А. А. Лечебная физическая культура в детском возрасте: учеб.-метод. пособие / Потапчук А. А., Матвеев С. В., Дидур М. Д. – СПб.: Речь, 2006. – 468 с.
5. Смирнов В. М. Нейрофизиология и высшая нервная деятельность детей и подростков : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Смирнов В. М. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2007. – 464 с.
6. Скворцов И. А. Развитие нервной системы у детей (нейроонтогенез и его нарушения) : учеб. пособие / Скворцов И. А. – М.: Тривола, 2000. – 200 с.
7. Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы) : практическое руководство : в 2 т. Т. 1 / под ред. А. А. Баранова, Л. А. Щеплягиной. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 432 с.
8. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ : пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка [и др.]; под ред. И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
9. Минина Е. Н. Оптимизация скрининг-оценки кардиогемодинамики с использованием алгебраической модели конструктивной логики / Е. Н. Минина; под ред. проф. А. А. Хадарцева, В. А. Хромушина. – Москва: Русайнс, 2017. – 144 с.
10. Минина Е. Н. Анализ волны Т ЭКГ в фазовом пространстве в определении функциональных резервов миокарда / Е. Н. Минина // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2013. – 26 (65), № 2. – С. 148–153.
11. Минина Е. Н. Фазовый портрет одноканальной ЭКГ в оценке функциональных резервов сердечно-сосудистой системы / Е. Н. Минина, Л. С. Файнзильберг // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – 21-3. – С. 22–27.
12. Файнзильберг Л. С. Компьютерная диагностика по фазовому портрету электрокардиограммы / Л. С. Файнзильберг. – К. Освита Украины, 2013. – 190 с.
13. Файнзильберг Л. С. Исследование диагностической ценности угла ориентации фазового портрета одноканальной ЭКГ как индикатора функционального состояния миокарда / Л. С. Файнзильберг, Е. Н. Минина // Клиническая информатика и телемедицина. – 2013. – Т. 9, № 10. – С. 33–42.
14. Файнзильберг Л. С. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы по величине разброса фазовых траекторий одноканальной ЭКГ / Л. С. Файнзильберг, Е. Н. Минина // Кибернетика и вычислительная техника. – 2014. – № 1. – С. 5–19.
15. Хромушин В. А. Программа построения алгебраических моделей конструктивной логики в биофизике, биологии и медицине / В. А. Хромушин, В. Ф. Бучель, В. А. Жеребцова, Т. В. Честнова // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – №4. – С. 173–174.
16. Хромушин В. А. Алгоритм и программа анализа результирующих импликант алгебраической модели конструктивной логики / В. А. Хромушин, О. В. Хромушин, Е. И. Минаков // XXXXVI научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ «Общественное здоровье и здравоохранение: профилактическая и клиническая медицина» Сборник статей. – Тула, 2010. – С. 138–148.

HUMAN SKELETAL MUSCLES CONTROL ORGANIZATION PROCESSES FEATURES DURING VARIOUS INTENSITY LOCOMOTIONS

Minina E. N., Bogach I. N.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia

E-mail: cere-el@yandex.ru

In the process of growth and development of the child's body, a hoard of reserve capabilities is created, which provides the reliability of any biological system and is one of the general principles of individual development. It reflects the high adaptive effect of the development of the organism at each stage of ontogenesis against the background of heterochronous maturation of various functional systems at different periods of postnatal life, depending on their importance in providing vital functions and optimal adaptation of the organism to the conditions of existence. However, at school age, the educational process and environmental factors significantly affect the health of students against the background of physiological age features. In assessing the role of the educational environment in children's lives, one-sidedness is observed, its influence is considered only as a risk factor for the health of students, with a possible transition to the level of pathogenetic factor. Against the background of the action of pathogenetic factors, including those induced by the influence of the educational environment, there is an activation of sanogenetic factors that provide a productive interaction of the child's body with the environment and are designed to restore disturbed balance in the body.

Using factor analysis (the method of principal components) and mathematical modeling (an algebraic model of constructive logic) made it possible to study the nature of the functional relationships of parts of the whole organism and to reveal age-related features of sanogenesis in the process of growth and development in the educational environment.

It was revealed that the most important system-forming indicators of the functional state of the cardiorespiratory system are different for students of different ages, and specific dysfunctional states form against the background of the educational environment. Mathematical algorithms made it possible to identify age-related markers of the risk of dysfunctional states, on the basis of which a decision-making scheme was developed when they were used in assessing the level of a functional state and the direction of corrective measures.

Keywords: sanogenesis, mathematical modeling, factor analysis, age-related features.

References

1. *Young people's health in context. Health behavior at school aged children BSC: international report from 2001-2002 survey* [Ed / Candace Currie et al.] (Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2007)
2. Agajanyan N. A., Baevskiy P. M., Berseneva A. P. *Evaluation of adaptive capabilities of the organism and the risk of disease*, 284 p. (Publishing House of People's Friendship University, Moscow, 2006).
3. Markasyan A. A. *Osnovy morfologii i fiziologii organizma detej i podrostkov*, 292 p. (M.: Medicina, 1969).

4. Potapchuk A. A., Matveev S. V., Didur M. D. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura v detskom vozraste: ucheb.-metod. Posobie*, 464 p. (SPb. : Rech', 2006).
5. Smirnov V. M. *Nejrofiziologiya i vysshaya nervnaya deyatel'nost' detej i podrostkov* : ucheb. posobie dlya studentov vyssh. ucheb. Zavedenij, 464 p. (M. : Akademiya, 2007).
6. Skvorcov I. A. *Razvitie nervnoj sistemy u detej (nejroontogenez i ego narusheniya)* : ucheb. Posobie, 200 p. (M. : Trivola, 2000).
7. *Fiziologiya rosta i razvitiya detej i podrostkov (teoreticheskie i klinicheskie voprosy)* : prakticheskoe rukovodstvo : v 2 t. T. 1 / pod red. A. A. Baranova, L.A. SHCHeplyaginoj, 432 p. (M. : GEOTAR-Media, 2006).
8. *Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz* : per. s angl. / Dzh.-O. Kim, CH.U. M'yuller, U. R. Klekka [i dr.] ; pod red. I. S. Enyukova, 215 p. (M. : Finansy i statistika, 1989).
9. Minina E. N. *Optimizaciya skringing-ocenki kardiogemodinamiki s ispol'zovaniem algebraicheskoj modeli konstruktivnoj logiki*, 144 p. (Moskva: RUSAJNS, 2017).
10. Minina E. N. Analiz volny T EKG v fazovom prostranstve v opredelenii funkcional'nyh rezervov miokarda, *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo*, **26 (65)**, 2, 148 (2013).
11. Minina E. N., Fajnzil'berg L. S. Fazovyy portret odnokanal'noj EKG v ocenke funkcional'nyh rezervov serdechno-sosudistoj sistemy, *Vestnik novyh medicinskih tekhnologi.*, **21-3**, 22 (2014).
12. Fajnzil'berg L. S. Komp'yuternaya diagnostika po fazovomu portretu elektrokardiogrammy (K. Osvita Ukrainy, 2013).
13. Fajnzil'berg L. S., Minina E. N. Issledovanie diagnosticheskoy cennosti ugla orientacii fazovogo portreta odnokanal'noj EKG kak indikatora funkcional'nogo sostoyaniya miokarda, *Informatika i telemedicine*, **9**, 10. 33 (2013).
14. Fajnzil'berg L. S., Minina E. N. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoj sistemy po velichine razbrosa fazovyh traektorij odnokanal'noj EKG, *Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika*, **1**, 5 (2014).
15. Hromushin V. A., Buchel' V. F., ZHerebcova V. A., CHestnova T. V. Programma postroeniya algebraicheskikh modelej konstruktivnoj logiki v biofizike, biologii i medicine, *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*, **4**, 173 (2008)
16. Hromushin V. A., Hromushin O. V., Minakov E. I. Algoritm i programma analiza rezul'tiruyushchih implikant algebraicheskoj modeli konstruktivnoj logiki (XXXXVI nauchno-prakticheskaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava TulGU «Obshchestvennoe zdorov'e i zdravoohranenie: profilakticheskaya i klinicheskaya medicina», 138 (Tula, 2010).