

УДК: 612.13; 004.891.3

Компьютерная оценка результатов психоэмоционального нагрузочного тестирования для выявления патологических гемодинамических реакций

Р.В. Хурса¹, М.В. Войтикова²

УО «Белорусский государственный медицинский университет»¹

ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси»²

Для корреспонденции: Хурса Раиса Валентиновна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры поликлинической терапии, УО «Белорусский государственный медицинский университет», пр. Дзержинского, 83, г. Минск, 220116, Беларусь

E-mail: rvkhursa@tut.by

Контактный тел.: +375 29-318-13-38

Резюме. *Один из алгоритмов Data Mining – дерево классификации и регрессии – использован для анализа результатов психоэмоционального нагрузочного тестирования с целью диагностики функциональной реактивности кровообращения пациента. Использованный алгоритм позволил определить 5 типов гемодинамической реакции на психоэмоциональный стресс, в том числе 3 известные – нормальную, гиперреактивную и гипертензивную, а также две дополнительных – гипертензивную релаксацию при нормальной реакции на стресс и атипичную – с отсутствием подъема АД на стресс. Компьютерный алгоритм оценки нагрузочной реакции и предложенная классификация функциональной реактивности кровообращения позволяют упростить анализ и объективизировать выявление функциональных регуляторных нарушений гемодинамики, характерных для артериальной гипертензии, а также и других, требующих клинической интерпретации.*

Ключевые слова: дерево классификации и регрессии; психоэмоциональный нагрузочный тест; артериальное давление; гемодинамические реакции.

Khursa R.V.¹, Voitikova M.V.²

COMPUTER EVALUATION OF THE MENTAL STRESS TASK FOR IDENTIFY PATHOLOGICAL HEMODYNAMIC RESPONSES

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus¹

Institute of Physics, National Academy of Sciences, Minsk, Belarus²

Data Mining algorithm “Classification and regression tree” has been used to analyze the patient’s hemodynamic response at the mental stress task. The classification algorithm allows determining the five types of hemodynamic responses, such as: normal, hyper-reactive, hypertensive, hypertensive relaxation and atypical. Computer algorithm simplifying analysis of the results of mental stress task and allows identifying early hemodynamic problems, inherent in hypertension and other abnormalities, which are requiring a clinical interpret.

Keywords: Classification and Regression Tree; mental stress task; blood pressure; hemodynamic responses.

Актуальность психоэмоционального нагрузочного тестирования (ПЭНТ) в кардиологической клинической практике связана с возможностью изучения реакции сердечно-сосудистой системы на данную нагрузку, поскольку характер этой реакции дает возможность выявления ранних функциональных гемодинамических нарушений, в том числе чреватых развитием артериальной гипертензии (АГ) [1,2,3]. Применение ПЭНТ в кардиологии основано на том, что задание вызывает у пациента психоэмоциональное напряжение, сопровождающееся колебаниями артериального давления (АД) и пульса, которые анализируются врачом. Клинические исследования с использованием ПЭНТ показали, что пациенты с гиперреактивностью сердечно-сосудистой системы, выражающейся в чрезмерном приросте и медленном снижении АД в стрессовой ситуации, в пятилетней и более дальней перспективе подвержены большему риску развития АГ по сравнению с лицами, имеющими нормальную реактивность (с умеренным приростом АД при психоэмоциональном стрессе и последующем снижением) [3].

В клинической практике для исследования гемодинамических реакций на психоэмоциональную нагрузку практикуется ряд тестов: интервьюирование или моделирование экзамена [3,4], устный счет [5], тесты с применением таблиц и/или компьютерного оборудования [6], создание игровой ситуации с применением компьютеров (информационная проба [2,7]), Струп тест [8], тест «7±2» [9] и др. В этих исследованиях анализу подлежат результаты измерения АД – систолического (САД) и диастолического (ДАД) и, иногда, частота сердечных сокращений или электрокардиограмма, которые определяются до и после выполнения задания.

Оценка результатов большинства ПЭНТ состоит в анализе величины и скорости прироста АД пациента во время выполнения стандартизированного задания и определения величины и скорости снижения АД во время последующего отдыха относительно исходного уровня АД. Например, протокол теста «7±2», разработанного

на кафедре поликлинической терапии Белорусского государственного медицинского университета с целью ранней диагностики патологической реактивности сердечно-сосудистой системы у лиц молодого возраста, заключается в предъявлении пациенту зрительной информации в виде простых графических элементов для запоминания и последующего воспроизведения [9]. Название теста происходит из известных особенностей работы кратковременной оперативной памяти человека: испытуемый сможет запомнить и воспроизвести не более 7 ± 2 автофигур из предлагаемых 10. При этом задание вызывает у пациента психоэмоциональное напряжение, которое сопровождается изменением АД. При выполнении теста измеряется исходное АД, во время пробы на 1-й, 3-й, 5-й минутах, а также после нагрузки на 1-й, 3-й, 5-й минутах отдыха. Аналогичным образом проводится контроль АД при тестировании с помощью информационной пробы, состоящей в моделировании психоэмоциональной нагрузки с помощью компьютерной игровой ситуации с перехватом подвижной метки (игра «Теннис») [2,7], или Струп-теста, когда испытуемому предъявляются к прочтению слова, цвет шрифта написания которых не совпадает с цветом, обозначаемым словом [8].

При традиционном «ручном» анализе результатов нагрузочного тестирования оцениваются величина и скорость прироста АД пациента во время выполнения стандартизированного задания и определяются величина и скорость снижения АД во время последующего отдыха. В результате анализа выделяют 3 варианта функциональной реактивности кровообращения по следующим критериям [2,7]:

1. Незначительный и быстрый подъем АД при нагрузке (менее 15 мм рт.ст. для систолического и менее 10 мм рт.ст. для диастолического АД) с возвратом АД к исходным значениям – нормальная гемодинамическая реакция.

2. Умеренный (15-20/10-15 мм рт.ст.) и быстрый подъем АД с возвратом к исходным значениям – гиперреактивный тип гемодинамической реакции.

3. Запаздывающий и/или большой подъем АД (более 20/15 мм рт.ст.) с отсутствием снижения АД во время отдыха – гипертоническая реакция (она наиболее характерна для пациентов с АГ).

Следует отметить, что в некоторых исследованиях для определения патологических реакции задаются более высокие пороговые значения прироста АД – 35/21 мм рт.ст. [3].

«Ручной» анализ результатов тестирования хоть и несложен, но трудоемок и нередко грешит субъективизмом, вытекающим из несколько «размытых»

формулировок критериев отнесения реактивности сердечно-сосудистой системы к одному из трех вариантов, описанных выше. Вместе с тем, современный уровень развития компьютерной техники и информационных технологий открывают новые возможности в различных областях деятельности человека, включая клиническую медицину. В частности, алгоритмы интеллектуального анализа данных (*Data Mining*) могут найти свое успешное применение в сфере диагностики и дифференциальной диагностики, прогнозирования, подбора индивидуализированного лечения и других. [10,11] Одним из таких алгоритмов является *Classification and Regression Tree* («Дерево классификации и регрессии»), или «Дерево решений» – ДР). ДР – достаточно популярный инструмент анализа из-за простоты применения и технологии принятия решения. Для описания свойств и классификации изучаемого объекта, требуется ответить на ряд вопросов, образующих узлы ДР, начиная с его «корня». Переход к узлам следующего уровня происходит последовательно в зависимости от ответа «Да» или «Нет» на поставленные вопросы. Такой алгоритм может быть весьма перспективен для анализа результатов ПЭНТ с целью раннего выявления АГ, в процессе которого регистрируется динамика АД на нагрузку (прирост) и при отдыхе (возврат к исходному уровню).

Цель исследования состояла в создании с помощью алгоритма ДР компьютерной модели для оценки реактивности кровообращения на основе последовательных величин АД, получаемых при выполнении пациентом психоэмоциональной нагрузочной пробы.

Материал и методы. Для построения классификационной модели на основе ДР в качестве базы данных использованы величины АД, полученные при ПЭНТ с помощью теста «7±2 у 157 практически здоровых молодых людей (группа 1) и у 45 пациентов с впервые диагностированной АГ 1-2 степени до начала лечения (группа 2). Средний возраст пациентов в группах составил 23,8±0,3 и 28,4±0,6 лет соответственно. В процессе тестирования проводились измерения АД: исходно (до выполнения задания); на 1-й, 3-й, 5-й минутах нагрузки; на 1-й, 3-й и 5-й минутах отдыха после ее прекращения. Таким образом у каждого пациента был получен временной ряд величин АД, состоящий из 7 пар систолического (САД) и диастолического (ДАД) давлений, включая исходные величины САД и ДАД. Далее для анализа результатов применялся компьютерный алгоритм ДР.

Учитывая недостаточно жесткие критерии прироста величин АД между «незначительным» и «умеренным» при традиционном «ручном» анализе результатов

тестирования, для использования ДР было взято усредненное граничное значение прироста на нагрузку: 16/12 мм рт.ст. Критерий «большого» подъема АД оставлен прежним – более 20/15 мм рт.ст. Учитывались максимальные цифры из 3-х, полученных при нагрузке. Критерием «невозврата» АД к исходным величинам взято сохранение повышения САД/ДАД на 5 мм рт.ст. и более на 5-й минуте отдыха.

В наиболее простом виде ДР, как отмечено выше, это набор правил в иерархической структуре, в основе которой лежат ответы «Да» или «Нет» на ряд вопросов, по которым осуществляется классификация образца (в данном случае – отнесение полученного ряда величин АД пациента к тому или иному состоянию гемодинамической реактивности). Структура дерева – совокупность отходящих от узлов «веток», которые представляют собой набор признаков (атрибутов), по которым различаются объекты классификации, и «листьев», определяющих значения целевой функции. Набором атрибутов в нашем случае служил ряд из 7 пар последовательных величин АД (согласно протоколу тестирования), а значениями целевой функции – классы функциональной реактивности кровообращения пациентов. Оптимизация дерева в ДР происходит при использовании статистического критерия, оценивающего «расстояние» между классами функциональной реактивности кровообращения. Для этого из общей группы наблюдения автоматически неоднократно производится формирование обучающей и контрольной выборок в соотношении 75% (обучающая) и 25% (контрольная) до достижения лучших результатов классификации (диагностики).

После построения классификационной модели функциональной реактивности кровообращения на основе ДР проводилась проверка качества классификации путем сравнения результатов автоматического анализа с результатами анализа, проведенного «вручную» двумя медицинскими экспертами.

Результаты и обсуждение.

Первым узлом ДР является определение АД до начала нагрузки. Исходно повышенное АД (САД>140 мм рт.ст. и/или ДАД>90 мм рт.ст.) имели 31 из 45 пациентов с АГ и 4 – из 157 здоровых лиц.

Переход к «ветвям» дерева сопровождался следующими условиями, налагаемыми на величины АД во время выполнения психоэмоциональной нагрузки на 1-й, 3-й и 5-й минутах с вариантами ответов «Да» или «Нет»: «Незначительный подъем АД» (менее 16/12 мм рт.ст. для САД и ДАД соответственно). В случае ответа «Нет» следующей ветвью ДР был вопрос о величине подъема, превышающей 16/12 мм рт.ст.

для САД и ДАД: «Значительный подъем АД» (САД/ДАД более 20/15 мм рт.ст. для САД/ДАД) – «Да» или «Нет».

Дальнейший переход по «ветвям дерева» определяется следующим требованиям к величинам АД во время отдыха: «Возврат АД к исходному значению» – «Да» или «Нет» (отсутствие возврата: превышение исходных величин на 5 мм рт.ст. и более).

Таким путем происходит определение известных реакций на ПЭНТ: нормальная, гиперреактивная и гипертензивная.

Кроме того, на первом этапе рассматривалось условие «Атипичный прирост АД» (отсутствие прироста или уменьшение САД и незначительный прирост ДАД во время нагрузки), поскольку такой феномен наблюдался у нескольких испытуемых.

Количество пациентов с чрезмерным (патологическим) приростом АД (по максимальной из величин САД/ДАД на 1-й, 3-й и 5-й минутах нагрузки) и неадекватным восстановлением АД приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Патологический прирост и отсутствие восстановления уровня АД при психоэмоциональном нагрузочном тестировании, абс. количество пациентов

Группа	Умеренное повышение АД на нагрузку		Значительное повышение АД на нагрузку		Отсутствие прироста АД на нагрузку		Снижение АД при отдыхе	
	САД \geq 16	ДАД \geq 12	САД \geq 20	ДАД \geq 15	САД \leq 0	ДАД \leq 0	САД \geq 5	ДАД \geq 5
1, n =157	22	19	13	12	6	5	18	16
2, n =45	10	10	11	4	-	-	14	12

В результате прохождения по дереву проводится классификация, которая позволила нам разделить пациентов на пять классов (типов) функциональной реактивности кровообращения (Рис.1). Три из них – описанные выше известные типы реакции (нормальная, гиперреактивная и гипертензивная), а два – впервые предложенные, которые были выделены при оптимизации размеров дерева с целью уменьшения ошибки классификации.

Так пациенты с нормальной реакцией АД на стресс, но «с гипертензивной» релаксацией (т.е. с сохранением повышенного АД во время отдыха \geq 5 мм рт.ст. от исходного) составили 4-й класс, а пациенты с атипичным откликом на стресс (отсутствие подъема АД) – 5-й. Клиническое значение этих классов требует дальнейшего изучения, поскольку они могут оказаться проявлением плохой адаптации к нагрузочному стрессу (например, дисфункция вегетативной нервной системы). В

любом случае, целесообразно проспективное наблюдение таких пациентов и, возможно, их дообследование.

Поскольку при повышенном приросте АД, как умеренном, так и значительном, отнесение пациента к гипертензивному или гиперреактивному типу реакции определяется, главным образом, динамикой возврата АД к исходному уровню, в окончательном варианте алгоритма высокий прирост ($\geq 20/15$ мм рт.ст.) отдельно не выделялся.

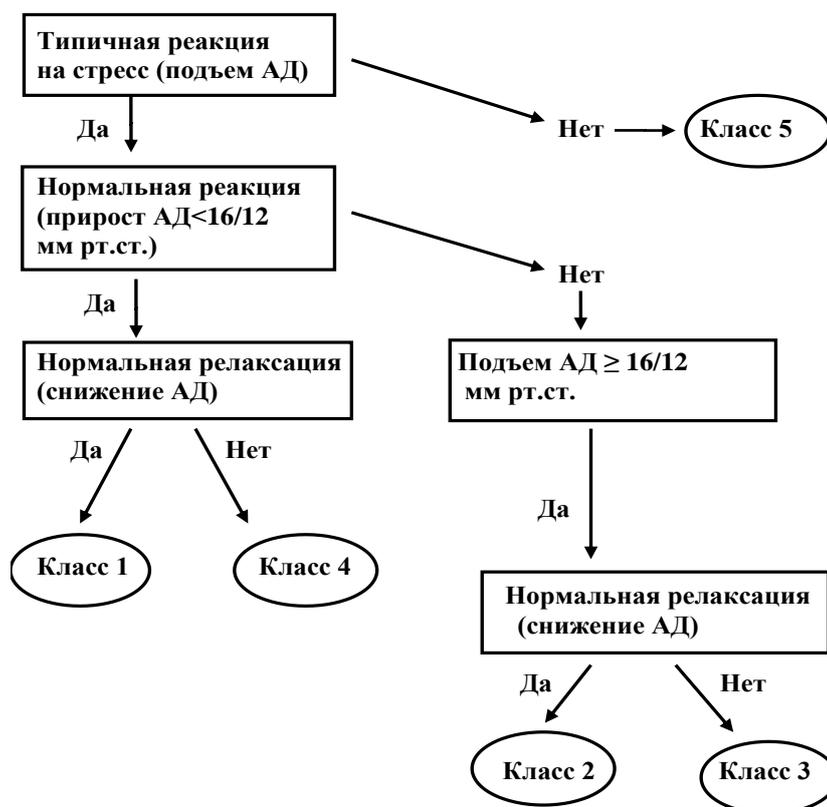


Рис. 1. Алгоритм компьютерной классификации функциональной реактивности кровообращения

Итоговая классификация функциональной реактивности сердечно-сосудистой системы пациентов групп наблюдения с применением компьютерного анализа на основе ДР представлена в табл. 2.

Группы 1 и 2 с высокой статистической значимостью закономерно различались распространенностью классов 1 и 3 (нормальная и гипертензивная реакции на нагрузку соответственно). По другим типам реакций значимых различий между группами не

было. Среди здоровых лиц преобладала нормальная реакция (класс 1), а среди лиц с АГ – классы 1, 2 и 3 примерно поровну.

Таблица 1 - Гемодинамические реакции на психоэмоциональное нагрузочное тестирование в группах наблюдения при автоматическом анализе, доля лиц, % (абс.)

Группа	Гемодинамическая реакция, класс				
	Класс 1 - нормальная реакция	Класс 2 - гиперреактивная реакция	Класс 3 - гипертензивная реакция	Класс 4 - гипертензивная релаксация	Класс 5 - атипичная реакция
1, n = 157	59,2 % (93)*	22,3% (35)	8,9% (14)*	5,1% (8)	4,5% (7)
p	0,02	0,54	0,0001	0,34	0,15
2, n = 45	33,3% (15)	26,7% (12)	31,1% (14)	8,9% (4)	-

Примечание - *статистически значимые различия групп 1 и 2, $p < 0,05$

Качество классификации проверялось точностью распознавания путем сравнения результатов автоматического анализа (с помощью ДР) с результатами анализа результатов тестирования, проведенного «вручную» двумя медицинскими экспертами вначале независимо, а затем при совместном обсуждении, но в неведении результатов компьютерной классификации. Эксперты диагностировали 3 известных типа функциональной реактивности кровообращения.

При независимом экспертном анализе были выявлены расхождения мнений экспертов при отнесении реакции к 2-му или 3-му типу (6 пациентов), и к 1-му или 2-му типу (5 пациентов). При последующем совместном обсуждении экспертами результатов ПЭНТ и детальном анализе расхождений, установлено, что они обусловлены рядом обстоятельств: произвольной трактовкой приростов САД или ДАД в одном из 7 измерений (пределах $\pm 1-2$ мм рт.ст.) ввиду отсутствия установленных референтных интервалов для приростов АД; в оценке снижения АД при отдыхе (в традиционных критериях четко не оговорены пределы допустимого превышения исходных величин АД на этом этапе ПЭНТ); техническими ошибками, практически неизбежными при работе с большим количеством рядов цифр. Оба эксперта отметили затруднения при классификации пациентов с «гипертензивной» релаксацией при нормальной динамике АД на нагрузку (класс 4 по ДР) и при отсутствии реакции АД на нагрузку (класс 5). Выявленные проблемные моменты при «ручном» анализе результатов ПЭНТ, особенно при работе с большими массивами данных, подтверждают актуальность разработки унифицированного компьютерного алгоритма анализа и распознавания типов реакций (классов).

По каждому случаю экспертных расхождений выработана согласованная позиция экспертов, после чего проведено сопоставление результатов экспертного и компьютерного анализов. Совпадение «ручного» и автоматического распознавания 3-х известных классов реакции составило 98,5% (199 чел.). Расхождения имелись у 3-х пациентов группы 1: один, имевший прирост АД на 1-й мин – 16/12 мм рт.ст при нагрузке и -2/0 мм рт.ст. от исходного при релаксации, был отнесен экспертами в класс 2 (гиперреактивность), а ДР – в класс 1 (норма); двое – в класс 3 (гипертензивная реакция), а ДР – в класс 2. Эти лица имели высокий прирост АД на нагрузку 23-22/15-16 мм рт ст., в релаксации – 5/0 мм рт.ст. и 0/5 мм рт.ст. Таким образом, во всех трех случаях расхождений речь идет о пограничных классах.

Из лиц с исходно повышенным АД в группе 1 по одному пациенту отнесены в классы 1 и 2, 2 пациента – в класс 5 (кстати, это оказалось значимо больше, чем в остальных классах, $p < 0,05$). В группе 2 наибольшее число пациентов с исходно повышенным АД попало в класс 1 (14 чел.), 6 чел. – в класс 2, 8 чел. – в класс 3 и 3 чел. – в класс 4.

В группе здоровых лиц между классом 1 (нормальная реакция) и другими классами выявлены следующие статистически значимые различия величин АД (хотя и в пределах принятой нормы):

- в классе 2 (гиперреактивная реакция) – более высокие значения САД и ДАД на всех ступенях нагрузки и на 1-й минуте отдыха ($p < 0,05$);

- в классе 3 (гипертензивная реакция) – более высокие значения САД и ДАД на всех минутах тестирования, включая отдых ($p < 0,05$);

- в классе 4 («гипертензивная релаксация») – более высокие значения САД и ДАД на 3-й и 5-й минутах нагрузки и на всем протяжении отдыха ($p < 0,05$);

- в классе 5 (атипичная реакция) – снижение ДАД на 1-й и 5-й минутах отдыха при значительно большем приросте ДАД на 3-й минуте нагрузки – $3,2 \pm 3,7$ и $9,7 \pm 3,2$ мм рт.ст. в классах 1 и 5 соответственно ($p < 0,05$).

Отмеченные особенности классов 4 и 5 демонстрируют, что они занимают промежуточное положение между нормальной и патологическими классами реакций и дают основание предполагать не совсем адекватную адаптацию сердечно-сосудистой системы к психоэмоциональной нагрузке у таких лиц.

Заключение. В результате применения алгоритма ДР был получен простой для понимания диагностический классификатор для оценки реактивности сердечно-сосудистой системы при психоэмоциональном нагрузочном тестировании.

Классификатор представляет собой компьютерную программу, на вход которой подаются величины АД пациента, полученные при тестировании согласно протоколу (7 измерений – 7 пар САД/ДАД), на выходе выдается диагноз функциональной реактивности кровообращения в виде одного из пяти типов (классов) реакции на психоэмоциональный стресс, включая известные три реакции – нормальную, гиперреактивную и гипертензивную, а также две дополнительных – нормальную реакцию на стресс с «гипертензивной» релаксацией и атипичную реакцию. Критерии отнесения к одному из классов, независимо от исходных величин АД, следующие:

1 класс (нормальная реакция): прирост САД/ДАД на нагрузку менее 16/12 мм рт. ст. и нормальная релаксация – отсутствие или сохранение прироста САД/ДАД к исходному менее 5/5 мм рт. ст. на 5-й минуте отдыха;

2 класс (гиперреактивная реакция): прирост САД/ДАД на нагрузку 16/12 мм рт. ст. и более с нормальной релаксацией.

3 класс (гипертензивная реакция): прирост САД/ДАД на нагрузку более 16/12 мм рт. ст. с «гипертензивной» релаксацией – сохранение прироста САД/ДАД к исходному на 5/5 мм рт. ст. и более на 5-й минуте отдыха;

4 класс (гипертензивная релаксация): нормальная реакция на стресс (прирост САД/ДАД на нагрузку менее 16/12 мм рт. ст.) и «гипертензивная» релаксация.

5 класс (атипичная реакция): атипичная реакция на стресс – отсутствие или снижение АД на стресс с нормальной или гипертензивной релаксацией.

Впервые предложенные типы реакций на ПЭНТ (гипертензивная релаксация и атипичная реакция) нуждаются в клинической интерпретации и дальнейших исследованиях. В первую очередь, это требует проспективного наблюдения и исследования адаптационных систем пациентов с такими реакциями.

Проведенное исследование показало, что экспертная оценка результатов ПЭНТ, особенно при одновременной обработке больших массивов данных (больших групп пациентов), сопряжена с вероятностью отдельных расхождений в интерпретациях разными экспертами типов реакций между нормальной и гиперреактивной, и между гиперреактивной и гипертензивной. Это обусловлено недостаточно четкими традиционными оценочными критериями с отсутствием референтных интервалов по каждому из параметров. Использование классификатора позволяет объективизировать диагностику регуляторных нарушений гемодинамики, значительно упрощает процесс анализа и сокращает затраты времени врача при высоком качестве диагностики – совпадение с согласованной экспертной оценкой – 98,5%.

Классификатор на основе ДР пригоден для анализа результатов различных психоэмоциональных нагрузочных тестов с протоколами выполнения, идентичными использованному в настоящем исследовании.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. *QT dispersion and mental stress testing / D.Z. Psirropoulos, G.E. Boudonas, A.N. Efthimiadis et al. // Hellenic J Cardiol. – 2003. –Vol. 44. – P. 180-186.*
2. Сидоренко Г.И. *Психоэмоциональные тесты и перспективы их применения в кардиологии / Г.И. Сидоренко, А.В. Фролов, А.П. Воробьев // Кардиология. – 2004. – №6. –С. 59-64.*
3. *Blood pressure reactivity to mental stress task as a determinant of sustained hypertension after 5 years of follow-up / P. Armariol, R.H. del Rey, M. Martin-Baranera et al. // Journal of Human Hypertension. –2003. –Vol. 17. – P. 181-186.*
4. *Kirschbaum C. The 'Trier social stress test' – a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting / C. Kirschbaum, K.-M. Pirke, D.H. Hellhammer // Neuropsychobiology. – 1993. –Vol. 28. –P. 76-81.*
5. *Heart rate variability response to mental arithmetic stress in patients with schizophrenia. Autonomic response to stress in schizophrenia / M. N. Castro, D. E. Vigo, H. Weidema et al. // Schizophrenia Research. – 2008. – Vol. 99. – P. 294-303.*
6. Баянова А.Е. *Реактивность сердечно-сосудистой системы на психоэмоциональную нагрузку в виде треппинг-теста у здоровых мужчин и мужчин с сердечно-сосудистыми заболеваниями/ А.Е. Баянова, В.С. Соловьев // Фундаментальные исследования. Медицинские науки. –2012. – № 2. – С. 253-256.*
7. *Новый психофизиологический тест «информационная проба» и возможность его использования в кардиологии /Г.И. Сидоренко, А.И. Павлова, Т.А. Нечесова и др. //Кардиология. –1984. –Т.8. – С. 63-66.*
8. *Macleod C.M. The Stroop task: the «gold standard» of attention measures // J.Exper.Psych.General. –1992. – Vol. 121. – P. 12-18.*
9. *Ерёмина Н.М. Психоэмоциональный нагрузочный тест «7±2»: возможности выявления патологических реакций гемодинамики у практически здоровых молодых людей //Военная медицина. – 2012.– № 3. – С. 24–27.*
10. Чубукова И. А. *Основы информационных технологий. Изд. Интернет-университет информационных технологий, Бином, 2008.*

11. Дюк В. А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях/
В. А. Дюк, В.Л. Эмануэль/ СПб.: Питер, 2003.

Сведения об авторах

Раиса Валентиновна Хурса – канд. мед. наук, доцент кафедры
поликлинической терапии Белорусского Государственного Медицинского
Университета,

E-mail: rvkhursa@tut.by

тел.: (служ) +375 17 272-67-95, (дом) +375 17 227-45-75, мобильный: +375 29-
318-13-38

Адрес:

(служ) Dzerzinsky Ave., 83, Minsk, 220116, BELARUS

(дом) 220116, пр. газ. «Звезда», д. 9, кв. 382, Минск

Маргарита Васильевна Войткова - канд. физ.-мат.наук, ведущий научный
сотрудник, Институт физики Национальной Академии Наук Беларуси

E-mail: voitkova@imaph.bas-net.by

тел.: (служ) +375 17 2841733, (дом) +375 17 2568768, мобильный: +37529
2550437

Адрес:

(служ) 220072, пр. Независимости 68, Институт физики НАНБ, Минск

(дом) 220140, ул. Притыцкого 86-8, Минск

Raissa Khursa,

Belarusian State Medical University, Dzerzinsky Ave., 83, Minsk 220116, BELARUS

tel.: +375 17 327-87-38, GSM: +375 29-318-13-38

Margarita Voitkova,

Institute of Physics, National Academy of Sciences, Nezavisimosti Ave., 68, Minsk
220072, BELARUS

tel.: +375 17 2841733, +375 17 2568768, GSM: +37529 2550437