

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ САМОКОНТРОЛЯ
ИНТЕГРАТИВНОЙ МЕТАСИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ**

© 2015 В.В. Смогунов, Н.С. Кузнецов

Пензенский государственный университет

Поступила в редакцию 30.07.2015

Статья содержит постановку системного анализа проблем самоконтроля кровообращения, результаты интеллектуального анализа информации, результаты массовых экспериментов с использованием современных цифровых тонометров, результаты обобщения и синтеза моделей динамической неустойчивости кровообращения. Описаны причины заболеваний кровообращения – наследственность, вирусные инфекции, ожирение, курение. Предложен комплекс предикторов для самоконтроля, включающий оценки качества жизни, оценки вязкости крови, жесткости сосудов, артериального давления и аритмии. Разработаны прибор для самоконтроля кровообращения ВРРМ-2015 и процедуры самоконтроля.

Ключевые слова: системный анализ, деградация, самоконтроль гетероструктуры, катастрофы, кровообращение, инструментарий.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Деградация интегративной метасистемы кровообращения, включающей гетероструктуры сердца, сосудов, мозга, печени, почек и др. представляет собой гиперсложный многоактный процесс нанокатастроф в разнородных материалах и функциях этих гетероструктур. Наиболее сложными являются процессы нанокатастроф на границах разнородных тканей и в клеточных мембранах [1].

Несомненно, именно в связи со сложностью кровообращения и недостаточной изученностью функционирования в настоящее время инфаркты и инсульты составляют более 62 %, а для людей старше 60 лет – 90 % от общей летальности по всем случаям [2].

Вместе с тем, многие эффективные методы хирургии и контроля кровообращения, например самоконтроль артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) (пульса) используются не в полной мере [3]. Поэтому актуально проведение системного анализа проблем самоконтроля кровообращения.

ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ проблем, как научная дисциплина, призвана обеспечить наиболее эффективное решение той или иной проблемы. Системный анализ включает интеллектуальный анализ информации по проблеме, постановку и проведение решающих экспериментов, обобщение результатов и синтез математических моде-

*Смогунов Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Теоретическая и прикладная механика и графика». E-mail: Vladimir.smogunov@mail.ru
Кузнецов Никита Сергеевич, студент.*

лей, позволяющих предсказание эффективных решений. Системный анализ проблемы самоконтроля кровообращения проводился именно таким образом.

Интеллектуальный анализ информации по проблеме реализовывался по следующим источникам: официальным данным Всемирной организации здравоохранения; Российским источникам – докладам в Российском научном обществе по изучению АД; источникам Европейского общества по артериальной гипертензии; докладам конференций по самостоятельному измерению АД, журналам и книгам издательства НЦССХ им. Бакулева

Постановка и проведение решающих экспериментов делались на основе предварительных массовых экспериментов с учетом получения максимально точных результатов за счет использования современных автоматических цифровых приборов и методик.

Обобщение результатов и синтез математических моделей для предсказания эффективных решений проблемы выполнено на базе классической динамики гетерогенных структур, что обеспечило сокращение времени при постановке диагноза лечащим врачом в 1,5...3,0 раза, а также повышение точности диагноза в экстремальных случаях [4].

Теория медицинской диагностики выделяет два этапа диагностики: фактографию и профессиональный комментарий. Фактография, в свою очередь, включает выполнение пяти действий, а профкомментарий – четырех [5]. Заключительный 9-й этап диагностики – формирование системного клинического диагноза требует выполнения 8 этапов, включая опрос, физические и лабораторные исследования, группировку симптомов в синдромах, создание причинно-

следственных связей между синдромами и пр.

Таким образом, для пациента, попавшего к данному врачу впервые, время постановки диагноза абсолютно неопределенно, что и приводит к ССК. Поэтому главная проблема – незнание многих людей своих заболеваний и ошибочность диагноза вследствие пренебрежения к собственному здоровью.

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА

Заболевания сердечно-сосудистой системы и динамическая неустойчивость кровообращения признаны национальной проблемой 2015 года. Основной причиной ССК считаются временные запаздывания медпомощи и низкая приверженность населения самоконтролю.

Модель динамической неустойчивости интегративной метасистемы кровообращения по квартету предикторов заболеваний мозга, сердца, сосудов и крови строилась на аксиоматике и законах теории катастроф.

Основная проблема сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) по результатам системного анализа проблемы, проведенного на основе анализа информации о сердечно-сосудистых катастрофах (ССК), моделировании процессов, приводящих к ССК и инструментального исследования ССК, заключается во временных запаздываниях с медицинской помощью и разрывах в функционировании в цепи обратной связи динамики гетероструктур. Известный «золотой час» для диагностики и медицинской помощи при ССК практически далеко не всегда выполняется. Запаздывание в неотложной медицинской помощи невозможно устранить, поскольку существует и действует закон инерции.

Разрывы в цепи обратной связи динамики гетероструктур интегративной метасистемы кровообращения принципиально могут быть устранены в рамках регулярного самоконтроля основных предикторов ССК и принятия своевременных мер по снижению динамической неустойчивости за счет медикаментозных, диетологических и др. стабилизирующих мероприятий по достижению целевых показателей.

Модель динамической неустойчивости кровообращения построена как модель деградации квартета систем: нервной, сердца, сосудов и крови.

Обобщенные результаты интеллектуального анализа проблемы сформулированы следующим образом. Основной системой человеческого организма, определяющей нормальное функционирование всех систем является интегративная метасистема кровообращения, включающая мозг, сердце, сосуды, кровь, а также лимфатическую, эндокринную и нервные системы. Метасистема представляет собой сверхсложную систему с гетерогенной структурой и нейрогуморальным

регулированием функционирования. Нарушения в ней приводят к рассинхронизации всех систем, болезням сердца и головного мозга, заканчивающихся инсультом или инфарктом миокарда.

Причины заболеваний кровообращения. Среди наиболее вероятных причин заболеваний интегративной метасистемы во всех возрастных группах населения являются особенности строения ДНК молекул, составляющих геном. Научная школа современной сердечно-сосудистой хирургии считает семейные формы холистеринемии (гены LDR, APH, USF1), слабость синусового узла (ген SCNSA), аритмию (гены KCNQ1) основными рисками ССК [6]. Аналогичные результаты получены во многих областях кардиологии и неврологии, так П.М. Салахутдинова доказала ассоциацию показателей артериального давления (АД) с геномом AGT [7].

Первыми в мире в научном центре сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева для решения проблемы ССК разработали и вживили больным многокамерные устройства – дефибрилляторы – Tachos DR с микрокомпьютером, распознающим дефектные участки сердца, исправляющий их, а также при остановке сердца включающий электрошок.

Технология лечения малоинвазивная – на торсе пациента закрепляются 120-300 электродов, снимаемые электрические сигналы обрабатываются на компьютерном рентгеновском томографе, получается точная 3D модель сердца с отметками дефектных участков сердечной ткани – источниках аритмии диаметром 2...3 мм. В легочные и бедренные артерии вводятся катеторы с облучателями с частотой 1 МГц до источников аритмии, электроды в течение 1..2 мин. нагревают участки сердечной ткани до 50...55 °С.

В настоящее время 50 % американского рынка имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов занимают многокамерные дефибрилляторы Tachos DR, производимые по патенту РФ созданному с участием немецких и американских инженеров.

Другой важной причиной ССЗ являются аденовирусные заболевания – наиболее распространенные массовые заболевания, влияющие на развитие и течение ССК. По обобщенным данным тяжесть течения ССЗ у населения во время эпидемии гриппа возрастает в несколько раз, а смертность в 2 раза [8].

На важном месте среди причин ССК большинством ученых и кардиологов практиков, неврологов, терапевтов в нашей стране и за рубежом безусловно признается ожирение с индексом массы тела больше 25 кг/м². По данным ВОЗ 77 % всех случаев артериальной гипертензии напрямую связаны с ожирением. Курение также является достоверно доказанной причиной ССК.

Медики различных специальностей считают показатели гетероструктур интегративной мета-

системы кровообращения предикторами сердечно-сосудистых катастроф. Так, неврологи и кардиологи признают, что основными предикторами сердечно-сосудистых катастроф являются артериальная гипертензия и аритмия. Основоположники хирургической аритмологии рекомендуют метод «вычислительной электрофизиологии сердца с компьютерным поверхностным картированием» для малоинвазивного лечения наследственных и приобретенных заболеваний сердечно-сосудистой системы; в качестве доказанных предикторов сердечно-сосудистых катастроф считают артериальную гипертензию, динамику пульса, жесткость сосудов, вязкость крови и аритмию [6].

КОМПЛЕКС ПРЕДИКТОРОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Интеллектуальный анализ предикторов сердечно-сосудистых катастроф, приборов и методик контроля позволил авторам обосновать комплекс предикторов для самоконтроля состояния гетероструктур метасистемы кровообращения, который включает: комплекс-квартет интегральных предикторов заболеваний мозга, сердца, сосудов, крови; комплекс предикторов вязкости крови; комплекс оценок жесткости сосудов, левого желудочка и клапанов (рис. 1).

Комплекс-квартет интегральных предикторов заболеваний мозга, сердца, сосудов и крови представляет собой систолическое, диастолическое, пульсовое давление, ЧСС, аритмию. В норме, по рекомендациям ВОЗ в среднем по биовиду, СД при самоконтроле должно быть равным 130 мм. рт. ст., ДД – 85 мм. рт. ст., пульсовое давление (ПД) – 45 мм. рт. ст., ЧСС – 80 уд/мин.

Комплекс предикторов вязкости крови отражает динамическую вязкость крови в артериях и артериолах. Этот показатель является одним из наиболее сложных для измерения параметров и до сих не имеет ясного понимания и научной трактовки в медицинской практике. Вместе с тем известно, что динамическая вязкость для жидкостей определяется как коэффициент, который показывает, какая сила вязкого трения возникает между слоями, площадью, равной единице, при градиенте скорости, равном единице, то есть это – коэффициент пропорциональности в силе внутреннего трения с размерностью Па·сек.

Отношение ПД к ЧСС – это есть вязкость крови в области измерения давления (на кисти) (норма ПД/ЧСС ~ 0,56 мм. рт. ст.´мин.). СД/ЧСС – вязкость крови в области левого желудочка сердца (норма СД/ЧСС ~ 1,6 мм.рт.ст.´мин.). ДД/ЧСС – вязкость крови в области клапанов сердца (норма ДД/ЧСС ~ 1,0 мм.рт.ст.´мин.).

Оценки состояния левого желудочка, митрального клапана сердца и жесткости сосудов предлагается делать исходя из реальной механики процессов по отношениям ДД и СД к ПД (норма ДД/ПД ~ 1,9; СД/ПД ~ 2,9).

Вместе с тем, известные результаты последнего времени, полученные Е.Д. Головановой, позволяют утверждать, что все функциональные процессы на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях формируются в соответствии с циркадными ритмами нейроэндокринной системы. Циклические изменения в нейроэндокринной системе управляют изменениями ритма сердца. Вариабильность сердечного ритма, артериального давления, секреции биологически активных веществ, нейрогормонов



Рис. 1. Комплекс предикторов для самоконтроля состояния гетероструктур метасистемы кровообращения

– ответная реакция на дисбаланс вегетативной нервной системы. Суточные циркадные ритмы 5-13 часов, 13-21 час, 21-5 часов. В связи с этим, очевидно, процедуры самоконтроля кровообращения целесообразно проводить в 6, 18 24 часа. В случаях ухудшения самочувствия, а также в другие циркадные ритмы процедуры самоконтроля следует реализовывать по рекомендациям лечащего врача.

По результатам наших исследований средние данные по АД и пульсу (приведенные по рекомендациям ВОЗ), а также вычисленные вязкость крови, жесткость сосудов и пр. могут быть использованы при принятии решений, как ориентировочные. Уточненные показатели ЧСС, CD, вязкости крови по годам жизни приведены на рис. 2.

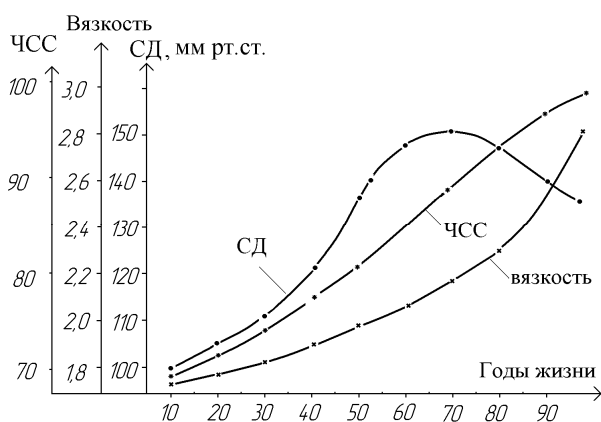


Рис. 2. Уточненные показатели ЧСС, CD, вязкости крови по годам жизни

ПРИБОРЫ И ПРОЦЕДУРЫ САМОКОНТРОЛЯ

Синтезированные комплексы предикторов для самоконтроля интегративной метасистемы кровообращения предполагают использование цифровых измерителей АД крови, ЧСС, аритмии и методики измерений.

Для самоконтроля разрабатывается и продается большое количество цифровых автоматических тонометров на плечо и запястье, обеспечивающих измерение систолического и диастолического давлений (СД и ДД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и индикацию арит-

мий. Большинство автоматических тонометров снабжены функциями *Fuzzy Logic*, *Intellisense* – интеллектуального управления давлением в манжете и *Microlife Average Mode* – автоматической обработки 3-х результатов измерений, снижающих погрешности при самоконтроле АД. Имеются также тонометры с речевым выходом результатов самоконтроля для людей со слабым зрением. Фирма Paul Hartmann выпускает тонометры с технологией *Tensoval Duo Control*, реализующей традиционную аускультативную и осциллометрическую методики измерений, снимающую принципиальный вопрос погрешности измерений. Как показали результаты наших исследований, тонометры на запястье обеспечивают наивысшую точность измерений при самоконтроле по сравнению с другими тонометрами. Однако, реальных тонометров для обеспечения контроля всех предикторов не существует. Поэтому нами был разработан концепт контроллера с искусственным интеллектом, работающий по алгоритму обработки результатов измерения АД и пульса: автоматическая запись результатов измерений, вычисление комплексов вязкости крови, оценка жесткости сосудов, состояния левого желудочка и клапанов, сравнение с целевыми показателями, оценка тренда, обращение к лечащему врачу, принятие решения по коррекции образа жизни и медикаментозных препаратов, запись результатов в личную электронную карточку, дублирование записи в долговременную базу данных (рисунок 3).

Концепт интеллектуального контроля системы кровообращения “blood pressure and pulse metr-2015” (“ВРРМ-2015”) должен состоять традиционных составляющих цифровых тонометров-автоматов, дополненных интеллектуальной обработкой данных контроля, накопителем, контролером целевых параметров, анализатором и решателем рекомендаций с технологиями *duo control*, *AfIB*, *MAM* [9].

Практические исследования по самоконтролю системы кровообращения проводились по следующей методике. Детерминированный самоконтроль с разными временами измерений – через 1 мин, 5 мин, 30 мин, 60 мин, 6 ч, 12 ч. Измерения проводились с использованием эталонных механических тонометров *Microlife*, образцовых цифровых тонометров-автоматов

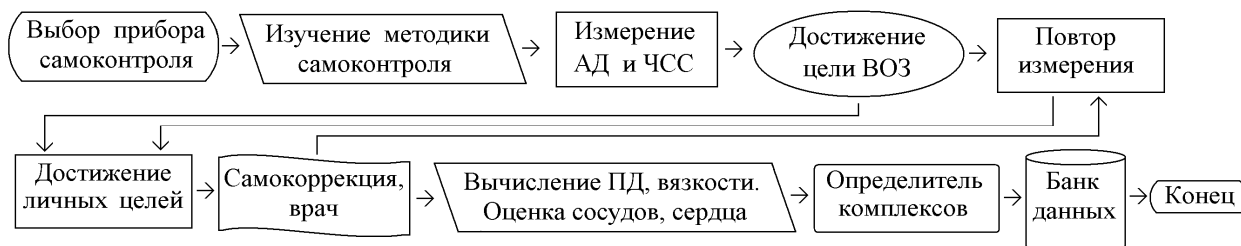


Рис. 3. Алгоритм обработки результатов измерения АД и пульса

Tensoval DuO Control, Omron M3, AND-201, AND-202. Исследовалось несколько возрастных групп: гимназисты 15...17 лет; студенты 17...21 года; аспиранты 22...24 лет.; докторанты 24...30 лет; преподаватели 30...40, 40...50, 50...60, 60...70 лет. В каждой группе было от 20 до 30 человек. Результаты самоконтроля сравнивались с данными из медицинских карт обследуемых.

Интеллектуальный анализ данных позволил установить системные связи и закономерности функционирования системы кровообращения. Динамика гетероструктур системы кровообращения зависит как от физиологических, так и функциональных факторов, связанных с воздействием внешних сил, так как образ жизни, температура окружающей среды, атмосферное давление, влажность, психоэмоциональные нагрузки непосредственным образом влияют на работу системы кровообращения. Установлено, что активность солнца и геомагнитного поля земли существенно снижают работоспособность. Установлены влияние ЛОР-заболеваний на риски ССК, а также функциональная связь между состоянием системы кровообращения и днями весеннего – 21 марта, осеннего – 23 сентября равноденствий.

Средняя вязкость крови в артериях-артериолах имеет явную нелинейность в области сердечных пульсовых давлений (рис.4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обзор состояния проблемы выявил трудности диагностирования заболеваний системы кровообращения и малую эффективность технологий диспансеризации и скрининга работников об-

разования. Интеллектуальный анализ предикторов сердечно-сосудистых катастроф позволил синтезировать комплексы предикторов ССК и приборов самоконтроля состояния системы кровообращения. Создана методика самоконтроля предикторов ССК и цифровой концепт «Blood pressure and pulse metr-2015», обеспечивающие оценку синтезированных комплексов предикторов ССК. Инновационная методика самоконтроля комплексов предикторов ССК прошла апробацию, готова к применению и безусловно обеспечивает решение задач раннего диагностирования заболеваний системы кровообращения и снижения сердечно-сосудистых катастроф.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сердечно-сосудистые катастрофы во всех странах мира представляют собой наиболее острую проблему здравоохранения. Во многих странах одним из эффективных путей решения данной проблемы признается самоконтроль населением артериального давления и пульса. В нашей стране большая часть населения не подвержена самоконтролю собственного здоровья, что и является одной из главных проблем в общей большой проблеме смертности от ССК. Важной проблемой в заболеваемости кровообращения является динамическая неустойчивость основных параметров, связанных с запаздыванием и разрывами в обратной связи динамики гетероструктур интегративной метасистемы кровообращения. Предлагаемые процедуры самоконтроля и необходимый инструментарий обеспечивают решение важных задач устранения разрыва обратной связи в гетероструктурах пациент-медик.

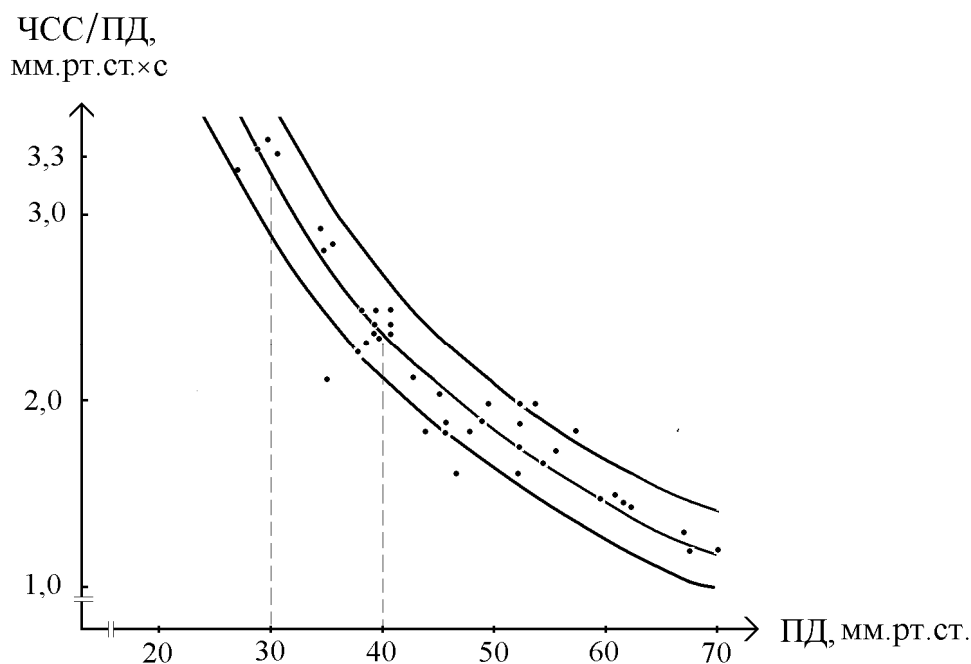


Рис. 4. Характерные зависимости вязкости крови и пульсового давления

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смогунов В.В., Аветисов С.Р. Новые технологии в медицине // Технический прогресс в атомной промышленности. Москва: ЦНИИАтоминформ, 2007. 57 с.
2. Голованова Е.Д. Системный анализ факторов риска, биоритмов и ремоделирования сосудов при ССЗ. Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. Смоленск, Смоленская Госмедакадемия, 2009, 40 с.
3. Кобалава Ж.Д. Современные проблемы артериальной гипертонии. Домашнее измерение артериального давления. URL: <http://www.cardiosaite.info/article/1382> (дата обращения 12.02.2015).
4. Смогунов В.В., Кузнецов Н.С., Белоусова И.Б., Митрошин А.Н., Шорин В.А. Методика самоконтроля предикторов сердечно-сосудистых катастроф // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/47111> (дата обращения: 17.02.2015).
5. Бодрова Т.Н. Теория диагностики. Изд-во СибГМУ, г.Томск, 2012, 286 с.
6. Бокерия Л.А. Новые предикторы внезапной сердечной смерти // Анналы аритмологии. 2012. №4. С.38–49.
7. Салахутдинова П.М. Предикторы артериальной гипертонии: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Пермь, 2009. 40 с.
8. Смогунов В.В., Белоусова И.Б., Вдовикина О.А. и др. Исследования гетероструктур интегративных метасистем // Исследования в области естественных наук. 2015. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://science.snauka.ru/2015/02/9071> (дата обращения: 22.02.2015).
9. Смогунов В.В., Белоусова И.Б., Кузнецов Н.С., Шорин В.А., Кулагина Т.С. Концепт контролера гетероструктур интегративных метасистем // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/50505> (дата обращения: 27.03.2015).

SYSTEM ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF SELF-CONTROL INTEGRATIVE META-CIRCULATION

© 2015 V.V. Smogunov, N.C. Kuznetsov

Penza State University

The article contains a statement of self-control system analysis circulatory problems, the results of data mining, the results of experiments with the mass use of modern digital blood pressure monitors, compilation and synthesis models of dynamic instability of circulation. The causes of circulatory diseases - heredity, viral infections, obesity, smoking. A set of predictors for self-testing, including evaluation of the quality of life, assessment of blood viscosity, vascular stiffness, blood pressure and arrhythmias. Developed a device for self-monitoring of blood circulation «*Blood pressure and pulse metr-2015*» and self-control procedures. Keywords: system analysis, degradation, self-heterostructure disaster, circulation and tools.