

УДК 616.12-008.46-089-07-035

# Технико-математический контроль кровообращения — состояние и перспективы

Л. А. Бокерия, В. А. Лищук, Д. Ш. Газизова, Л. В. Сазыкина  
Г. В. Шевченко

Научный Центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева  
РАМН, Москва, РФ

## Резюме

Обобщён опыт четырёх десятилетий мониторно-компьютерного on-line и RTE контроля больных во время и после операций на сердце и сосудах. Представлены объективные и субъективные причины ошибок обработки данных и интерпретации результатов. Показано, что устранение ошибок обработки данных и интерпретации результатов повышает качество лечения и позволяет эффективно применять интеллектуальные средства и методы для адекватной коррекции терапии.

**Ключевые слова:** артериальное давление, ЧСС, мониторно-компьютерный контроль, недостатки измерений и анализа, техническое и математическое обеспечение, интенсивная терапия, операции на сердце и сосудах.

Клин. информат. и Телемед.  
2012. Т.8. Вып.9. с.58–72

*«Сегодня медицина становится наиболее активным потребителем математических методов и вычислительной техники. Правда пока ещё эти методы, эта техника используется главным образом для автоматизации рутинных процессов (создания автоматизированных историй болезни, банков данных, расшифровки кривых, слежения за состоянием больного, расчёта индексов), тогда как принципиальные вопросы диагностики и выбора терапии остаются прерогативой врача».*

*В. И. Бураковский, 1980 г.*

## Введение

Этой статьёй мы начинаем серию публикаций, посвященных проблемам интеллектуальной поддержки решений врача во время и в раннем периоде после кардиохирургических операций. Мы считаем своим долгом привлечь внимание медицинской общественности и, прежде всего, кардиохирургов, кардиологов, анестезиологов и реаниматологов к недостаткам клинико-физиологического контроля, на котором базируются диагностика и выбор лечения при острых расстройствах кровообращения, и показать способы их преодоления. Для этого мы систематизировали результаты, изложенные в публикациях НЦССХ им. А. Н. Бакулева ранее.

Начнём с первичной и объективной мониторно-компьютерной информации, когда она реально нужна и является основой диагностики и лечения.

Объективные измерения состояния и функций больного являются основой диагностики и выбора терапии. Аппаратный контроль (МКС, ЭхоКГ и т. п.) используется в отделениях реанимации, интенсивной терапии, операционных. Измерители давления крови, ЧСС, ЭКГ, SpO<sub>2</sub>, температуры, сахара крови, сопротивления кожи и тканей, шагомеры и т. п. используются не только в функциональной диагностике, но и в поликлинических и домашних условиях. При некорректности измерений возрастает вероятность диагностических ошибок и неэффективной терапии. Ошибки измерений имеют особо большое значение при переходе от контроля к диагностике и алгоритмическому выбору терапии. Проблема некорректного использования объективного клинического и мониторного контроля обсуждалась неоднократно [4, 5, 8, 13, 14, 15, 19]. Анализ публикаций, научных исследований (отчётов, диссертаций, авторефератов) и учебных пособий показывает, что некомпетентный контроль имеет широкое распространение [4, 5, 13, 15].

За 40 лет мы использовали несколько поколений мониторно-компьютерных систем, программных комплексов и клинико-диагностических систем поддержки решений для интенсивной терапии и сердечно-сосудистой хирургии [1, 16, 17, 23]. Опыт применения отражён в нескольких монографиях, многочисленных статьях, пособиях и докладах. Замечательные учёные Н. М. Амосов, Г. А. Ивахненко, В. М. Глушков, В. И. Бураковский, П. К. Анохин, В. М. Ахутин, Д. Кирклин, Л. Шепард стояли у истоков разработки и внедрения интеллектуального обеспечения. Н. М. Амосов, Д. Кирклин, Ф. Гербоде, А. А. Вишнев-

ский, В.И. Бураковский, Г. И. Цукерман, И. Л. Лиссов, В. П. Керцман — основатели этого направления в медицине.

Владимир Иванович Бураковский первый в мире внедрил математические модели сердца и сосудов в эксперимент и, после их всесторонней проверки, в клинику. Сначала в реанимацию, а затем и в операционные. Полученные под его руководством клинические результаты нашли отражение в сборниках научных материалов, самобытных оригинальных, востребованных ещё и сегодня, монографиях, диссертационных работах.

Основное внимание в этих основополагающих исследованиях В. И. Бураковский и его ученики уделяли клиническим результатам, возможностям использования средств и методов математики, информатизации и кибернетики для улучшения диагностики и терапии. Некоторые из работ В. И. Бураковского непосредственно касаются недостатков, ошибок и перспектив развития кардиохирургии и медицины в целом. Настоящая работа продолжает эту, трудную и неблагодарную, как для него самого, так и для его учеников, стезю.

Мы видим цель данной работы в выявлении и выносе на обсуждение недостатков рекомендаций, особенно если, устранив их, можно повысить качество лечения и снизить операционную летальность.

## Материал

В базах данных систем «Айболит», «Миррор», «DocVue» НЦССХ и других компьютерных баз данных учреждений, головных по проблеме медицинская информатика, накоплены численные данные, тренды, графики, диаграммы, результаты обработки, рекомендации и оценки качества более чем 20 000 больных (рис. 1). Это пациенты, проходившие лечение ИБС, нарушений ритма, приобретённых и врождённых пороков сердца, острой и хронической сердечной недостаточности и др. [2, 3, 9, 16, 17, 19]. По каждому больному зафиксировано до миллиона данных (от 100 до 100 млн.), статобобщений и заключений. Среднее количество измерений для тяжёлых больных —  $13000 \pm 4000$ ; время контроля —  $14 \pm 6$  часов (от 4 часов до 7 суток). Некоторые системы работали с 1965 года off-line. Другие, работали (начиная с 1974) в режимах on-line

и RTE. На основе этого опыта и литературы получены клинические и методические результаты и рекомендации [3, 6, 9, 10, 16, 17, 19, 23]. Кроме того, мы использовали материалы проблемной комиссии «Медицинская кибернетика и информатика»: выступления на заседаниях бюро, форумах, а также, каталоги, отчёты (например, отчет по теме №39 «Исследование систем регулирования и управления функциями живых организмов», 1967, и т. п.).

## Методы

Организующей методической основой используемых методов является разработанный под руководством В. И. Бураковского клиничко-математический подход [10, 14]. В некоторых ситуациях мы использовали специальное математическое обеспечение как, например, системы DocVue и CareVue фирмы Хьюлетт Паккард и HP RTE.

Особым достижением последних двух десятилетий была разработка и внедрение поциклового контроля и анализа. При поцикловом контроле дискретности и усреднения привязаны к биологическим циклам: периоду сокращения сердца, дыхательному циклу, времени обращения крови по сосудистому руслу и т. п. Эти режимы обеспечивает технология «Миррор» [7, 8, 14, 19]. Вся технология в целом отвечает принципу максимальной доброжелательности к пользователю-врачу (рис. 2.)

Основой технологии является общее математическое описание сердечно-сосудистой системы [14, 18]. Использовалась библиотека моделей, количественных параметров и нозологические нормы [6, 11], а также, при необходимости, специальные фрагменты, как-то: нелинейности, подсистемы регуляции, пульсирующее сердце, лёгкие и т. п. Статистические оценки выполнялись on-line и RTE.

Индивидуализация модели выполняется в реальном времени с запаздыванием в несколько минут. Часть параметров вычисляется по общепринятым формулам. При необходимости, оценки параметров оптимизируются. Абсолютные измеряемые показатели, оценки свойств и индексы объединены в системы, соответствующие системам патофизиологических закономерностей [11, 14, 18]. С целью обеспечения сравнимости показателей функции и свойства приводятся к относительным величинам.

## Техника и технологии

Использовалось сертифицированное медицинское оборудование, программно объединённые технологиями «DocVue», «CareVue», «Айболит» или «Миррор» в систему. В том числе в систему при разных исследованиях могли включаться АИД, АИК, стимуляторы, инфузоматы, ЭхоКГ, РПГ и др. В этой работе использован опыт применения мониторов и других контрольно-диагностических приборов в Киевском институте туберкулёза и грудной хирургии, в Институте кардиохирургии им. В. И. Бураковского, а также запуска и использования мониторно-компьютерных систем в НЦССХ им. А. Н. Бакулева. Особое значение в оценке аппаратуры и перспектив её развития имели идеи Н. М. Амосова по медицинской кибернетике и реальное воплощение кибернетических технологий В. И. Бураковским в реанимации и операционных ИССХ им. А. Н. Бакулева. Это направление было разработано, начиная от технико-математического проекта, его реализации, проверки в эксперименте, внедрения в клинику и кончая многолетним применением для лечения больных и научных исследований [3, 4, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20].

## Недостатки аппаратной обработки измерений

Чтобы перейти к современным интеллектуальным технологиям нужно избавиться от ошибок измерения и обработки данных. Нужен высокий профессионализм, а не обработка данных по шаблонам и повторяющимся из десятилетия в десятилетие, ошибками [4, 13, 15, 20]. Современная измерительная аппаратура позволяет ежесекундно, измерять, обрабатывать, передавать, запоминать в удобно организованной базе и представлять пользователю высокоинформативный набор показателей. Однако на этом пути пока остаются серьёзные аппаратные, не зависящие от врача-пользователя,

овраги с густым туманом [4]. Подчеркнём, что речь идёт не об ошибках измерительных приборов, а об ошибках обработки данных и интерпретации результатов.

## Неопределённость предварительной обработки данных

Предварительная аппаратная обработка обычно включает фильтрацию, усреднение, выделение дискретов, формирование трендов, организацию памяти, запись речевых пометок анестезиолога и хирурга, синхронизацию контролируемых сигналов с информацией с другой измерительной, исполнительной и парамедицинской аппаратурой. Мы рассмотрим наиболее значимый для клиники этап предварительной обработки измерений и его представление врачу.

Досадным недостатком современных измерительных медицинских приборов является неопределённость предварительной обработки.

Обработка, которая проводится внутри монитора (преобразования аналогового сигнала в цифровой, определение максимумов, реперных уровней, калибровка, фильтрация, задание времени и т. п.) не описывается в инструкциях. Наш многолетний опыт показал, что сами разработчики делают это по традиции (идущей от прародителей мониторов — перьевых самописцев с «преобразованием» сигнала R-C цепочками и инерционностью чернильного «пера»). Чёткой фиксации алгоритмов обработки сигналов нет.

Фильтрация сигналов, защита от промышленной частоты электрического напряжения в 50 или 60 Гц, защита от дефибрилляторов и коагуляторов, электромагнитные и оптические развязки — всё это учитывается современными мониторами и несущественно влияет на измерения при контроле медленных процессов.

При анализе быстрых переходных процессов и при длительном контроле результаты начинают зависеть от «предварительной обработки».

Поэтому, учитывая темпы развития медицины, её методов и технологий, нужно стремиться:

- к минимальному влиянию предварительной обработки на контролируемый сигнал;
- к ясному и полному описанию предварительных манипуляций с данными в инструкциях, в том числе интерактивных;
- к фиксации ограничений, в пределах которых прибор выдерживает паспортные характеристики и они должны быть даны.

Чуть дальше мы рассмотрим конкретные примеры.

## Ненадёжность одноразовых измерений и разброс измеряемых величин

Одно из наиболее подробных исследований с помощью мониторинга и ЭхоКГ во время и после ремоделирования сердца, провёл В. А. Сандриков с соавторами: выполнялось более 10 комплексных измерений за сутки до, во время и после операций [21] (рис. 3).

Из ниже помещённого рисунка (рис. 4) видно, насколько одно отдельное измерение может отличаться от среднего уровня сигнала. При этом, как в клинике, так и при научных исследованиях нередко пользуются одним измерением. Часто этим измерением, например, артериальным давлением (АД) или частотой сердечных сокращений (ЧСС), как и конечно-диастолическим объемом (КДО), характеризуют этап лечения (например, введение в наркоз или период после искусственного кровообращения и т. п.), иногда даже всю операцию (см., практически любую, форму автоматизированной истории болезни).

При однократно сделанных измерениях (сравни с данными на рис. 4) мало чего можно понять, особенно в критических ситуациях, при осложнениях. Постепенно врач перестаёт видеть надёжную помощь в количественных измерениях и даже в их динамике. Для того, чтобы измерения были полезны и надёжны, нужно удостовериться в их устойчивости и связи с измеряемым процессом или органом (рис. 5).

Можно, например, сделать несколько измерений, убедиться, что они не критично отличаются друг от друга, усреднить, оценить вариацию и т. п. [3]. Наиболее эффективен переход к контролю и анализу каждого функционального цикла. Подчеркнём, что именно одноразовыми, иногда отнесёнными к целому этапу операции, измерениями пользуются сейчас при проведении научных исследований, на клинических конференциях, в научных отчётах, в клинических и научных статьях и даже в методических рекомендациях. Это затрудняет, часто делает невозможным, выявление причин неудачных исходов.

## Необоснованность и неопределённость усреднения данных мониторами

За какое время современный монитор усредняет артериальное давление (АД)? Если вы измерите каждый цикл сокращения сердца, получите оценки АД «в ручную» и потом сравните с данными монитора, то можете получить ошибку в 30%. Причём разную для разных мониторов. Такая величина ошибки недопустима для диагностики многих сердечно-сосудистых заболеваний. Тем более — для терапии критических состояний.

Измерив АД или ЧСС до того, как больной зашёл в кабинет врача, и после того, когда он вышел, вы можете получить разницу значений, значительно превышающую 15%, что критично искажает оценку функции и состояния даже здорового человека. Подробный разбор ошибок контроля и измерения дан в публикации Л. А. Бокерия, Б. И. Леонова и В. А. Лищука «Актуальность экспертизы современных измерительных медицинских методик и приборов...», 2005 [5].

Если вы попробуйте разобраться, в чём дело, почему возникают такие ошибки, то тут же столкнётесь с тем, что период усреднения АД мониторами неизвестен.

Сейчас используются следующие показатели, о которых принято думать, что они «средние за минуту». Это МОК — минутный объём крови

(т.е. количество литров, перфузирующих ткани, или, что почти то же, перекачиваемых сердцем) за минуту. Другой распространённый показатель — частота сердечных сокращений (ЧСС). Так же — в среднем за минуту. Для полноты приведём ещё несколько распространённых клинико-физиологических параметров, относимых, по преимуществу, к минуте: систолическое, диастолическое и среднее значения артериального давления, ЦВД, лёгочное давление, частота дыхания, минутный объём дыхания и т. п.

Допустим, тонометр показывает 110, 70 и 85 (соответственно, систолическое, диастолическое и среднее давление). К какому циклу сокращения сердца относятся эти цифры? Очевидно, что одного такого цикла нет. Чему тогда они соответствуют? Среднему значению за время измерения или максимальному? Относится ли величина систолического давления к тому же циклу, что и величина диастолического давления? Насколько значимы эти различия, на которых мы сейчас акцентируем внимание? Рис. 6 наглядно показывает разницу в контроле при наиболее детальном отображении данных одним из лучших современных мониторов (слева, распечатка данных, сохраненных мониторной системой DocVue) и при контроле и отображении каждого сокращения сердца (технология «Миррор»).

Само неинвазивное измерение АД длится гораздо дольше одного сокращения. Если это тонометр (с манжеткой), то измерение относится к нескольким сокращениям (варьирует в зависимости от колебания измеряемого давления, наличия аритмии, влияния дыхания и реакции пережатия сосудов руки на кровообращение и т. п. [8]). Если это монитор пациента (прикроватный, операционный, переносной), то время измерения варьирует от 5 до 20 циклов сокращения сердца. Для разных мониторов — различное число. Только в последние годы стало возможным задать время усреднения с пульта (предусмотрено, например, в мониторах Динамап (Dinamap Pro 1000 GE Джeneral Электрик).

В инструкции к приборам эти сведения не приводятся (мониторы фирмы Динамап — единственные, в документации которых указано количество контролируемых сокращений сердца, но всё же не дано обоснование выбора именно этого числа и не сделана привязка к текущему времени. Используя монитор МС 75 Моторола, можно выбрать время усреднения.

Такой подход к измерению физиологических показателей сложился исторически, начиная с первых и струйных

самописцев. Что предопределило дальнейшие успехи и, вместе с тем, многие методические и технические проблемы? Сейчас вид оценки давления может выбираться врачом по принципу максимума или как средняя величина за некоторый интервал времени (см. рис. 6, слева). Из рисунка видно (справа представлены колебания параметров от цикла к циклу без усреднения), что данные сильно отличаются при усреднении за несколько циклов и, тем более, за минуту от контроля каждого цикла.

Аналогичная ситуация имеет место почти для всех клинических и физиологических оценок сердечно-сосудистой системы, сердца, дыхания и др. Подробнее описание основных показателей для кровообращения дано в работе В. А. Лищука и Д. Ш. Газизовой (2004) [18].

Итак, в практике и в научных работах считается, что показатели давления, пульса, частоты дыхания и т. п. относятся к минуте, в действительности имеет место неопределённость времени измерения и усреднения. Как и дискретизации: времени, к которому относится систолическое, диастолическое и т. п. значения вычисленных показателей [5].

## Пример — ошибки измерения давления

Рассмотрим рис. 7. На этом рисунке показано изменение периода сокращения (Т) сердца и изменение давлений: артериального (систолического (АДС), диастолического (АДД) и среднего (АД)), легочного артериального (систолического (ЛАДС), диастолического (ЛАДД) и среднего (ЛАД)) и центрального венозного (ЦВД) во время индукции в наркоз и интубации при операции резекции аневризмы и протезирования брюшной аорты. Этот этап наблюдения сопровождался существенными изменениями гемодинамики, например, АДС менялось от 92 до 199 мм.рт.ст. Видно, что при использовании среднего за минуту давления его значения будут резко отличаться от реакции поцикловых значений для всех обычно используемых его оценок: систолических, диастолических и средних.

При использовании вместо периода (Т) сердечного сокращения ЧСС (как это

часто делается) изменение периода сокращений сердца от 1,24 до 0,35 будет не наблюдаемо (обведено овалом).

Рассмотрим момент установки клиникаларингоскопа (10:34:20) и интубации (10:34:35). Как видно из рис. 7, АДС меняется за минуту более, чем на 100% (10:34:00 — 92 мм рт. ст. в 10:35:00 — 185 мм рт. ст.) среднее же за эту минуту будет примерно 138 мм. рт. ст., что не соответствует общей картине. В процессе интубации с 10:34:35 до 10:36:00 АДС будет меняться с 185 мм рт. ст. (10:35:00) до 199 мм рт.ст. (10:35:15), а затем упадет до 160 в (10:35:40). Усредненные за это время показатели — 170 мм рт. ст. не покажут истинного изменения артериального давления.

Те же неопределённости и ошибки имеют место и для других показателей. Очевидно, что оценка за минуту здесь непригодна.

Кроме того, обратим внимание на выраженные регулярные колебания всех трёх оценок: систолического, диастолического и среднего по амплитуде давлений (АДС, АДД и АД) (см. рис. 4, 6, 7).

Ещё в большей степени этим колебаниям (детерминируемым дыханием) подвержены венозное (ЦВД) и лёгочное артериальное кровяное давление (ЛАДС, ЛАДД, ЛАД; см. рис. 5, 7). Колебания их величин достигают 50 и даже 100% (рис. 7, обведено овалом). При контроле в среднем за минуту эти колебания не выявляются, хотя могли бы быть важным показателем состоятельности системы регуляции кровообращения.

Особенное значение имеет этот класс ошибок для современной интенсивной терапии. Один из клинических примеров подробно изложен в публикации Л. А. Бокерия и др. (2005) [5].

## Преимущества измерения показателей каждого цикла сокращения сердца

Для вычисления клинико-физиологических показателей, например, среднего артериального давления, будем иметь следующую формулу [8]:

$$\overline{AD}(t) = \frac{1}{t_k - t_0} \int_{t_0}^{t_k} AD(\tau) d\tau, t \in t_0, t_k$$

Здесь  $t$  – время,  $\tau$  – время внутри цикла,  $AD$  – среднее артериальное давление,  $t_0$  – время начала измерения,  $t_k$  – время окончания. Аналогично вычисляются и другие показатели.

Имеющаяся неопределенность интервала усреднения (время начала и конца измерения обычно не фиксируются) блокируют строгую алгоритмическую диагностику и вносят трудности в анализ данных. Заметим, что даже если бы  $t_0$  и  $t_k$  фиксировались, то несопадение начала измерения с началом сердечного цикла (разные измерения могут начинаться в разное время от начала цикла сокращения сердца) давало бы трудно выявляемый разброс результатов.

С точки зрения физиологической и/или клинико-физиологической интерпретации результатов измерения и их адекватности измеряемому процессу естественно было бы начать контроль с вычисления средних показателей за физиологический цикл (например, за цикл дыхания или за сердечный цикл):

$$\overline{F}(n) = \frac{1}{T_n} \int_{t_{0n}}^{t_{0n}+T_n} F(\tau) d\tau,$$

здесь  $F$  – оценка физиологического процесса (например, артериального давления, кровотока и т. п.),  $T_n$  – период  $n$ -го физиологического цикла,  $t_{0n}$  – время начала и  $\tau$  – время внутри цикла.

В этом случае мы привяжем усреднение к естественному физиологическому процессу – сердечному сокращению, дыханию, времени оборота крови и т. п. Отметим, что в случае сердечного цикла начать нужно не с зубца R, а с начала диастолы.

Если за минуту имело место  $m$  сокращений, то средний за минуту показатель  $\overline{F}$  будет выражаться следующим образом:

$$\overline{F}(n, n+m) = \frac{1}{m} \sum_{i=n}^{i=n+m} F(i)$$

Здесь  $n$  – первый цикл измерения.

В более общем случае, когда за минуту имело место не целое число сокращений сердца, при необходимости все же провести измерение за минуту (а не за сердечный цикл или  $n$  циклов) нужно использовать первую из приведенных формул и выполнить измерения в течение минуты (подчеркнем, не за несколько секунд, как это делается сейчас), т.е. разность  $t_k - t_0$  должна быть равна (кратна) минуте.

Экстраполировать результат измерения, выполненный за любой произвольный интервал времени на минуту сложная задача. Для её выполнения нужно знать реальное время измерения и целый ряд общих характеристик контролируемого процесса, которые мы обычно не знаем.

Гораздо удобнее привязать оценки к физиологическому циклу и, используя их, вычислить средние, максимальные и другие оценки, необходимые для решения клинических задач.

**Поцикловый контроль устраняет ошибки, привносимые:**

- **неизвестностью периода времени, за который вычисляются контролируемые оценки;**
- **экстраполяцией неизвестного или известного времени контроля на минуту;**
- **отнесением полученного к определенному промежутку времени (к 2, 5, 15 и 30 минутам, в зависимости от заданного монитору режима).**

Это положение относится к большому классу клинико-физиологических показателей: ЧСС, частоте дыхания, артериальному и венозному давлению в большом и лёгочном кругах кровообращения, давлению в полостях сердца, лёгких (при вдохе и выдохе), мощностям (работе) левого и правого желудочков, общему периферическому сопротивлению (ОПС), общему легочному сопротивлению (ОЛС), падению мощностей в большом и малом кругах кровообращения, рО<sub>2</sub> и многим другим.

Естественно, рассмотренные здесь привносимые ошибки будут иметь разную величину и значимость. Для иллюстрации этого положения приведем ниже пример с приближенными оценками ЧСС, как наиболее часто используемого показателя. Отметим, что везде здесь речь идёт не об ошибках измерительных приборов, а об ошибках обработки и интерпретации.

## Ошибки определения ЧСС

Подробно ошибки измерений ЧСС рассмотрены в примере публикации Л. А. Бокерия и др. (2005) [5], специальные исследования выполнены, например, Р. М. Баевским, В. М. Покровским, О. Ю. Майоровым [20]. В ходе наблюдения за больным Н. была записана ЭКГ

и выделены RR-интервалы. Здесь приведём лишь рис. 8, где показаны ошибки определения длин RR-интервалов монитором относительно длин RR-интервалов, усреднённых за минуту (кривая 1), и относительно мгновенных значений длин RR-интервалов (кривая 2).

Установлено, что значение ЧСС, выводимое монитором, могло отличаться на 14 уд/мин от ЧСС, усреднённой за минуту, и на 25 уд/мин – от мгновенной ЧСС.

## Привязка данных к астрономическому времени

Сейчас часто согласование аппаратного контроля и, скажем, изменение вводимой дозы лекарства опосредуется через время, наблюдаемое визуально врачом на мониторе или часах. На экране монитора пользователь видит время с точностью до минуты. С помощью репера можно определить время до секунды.

Изменение физиологических параметров от периода к периоду сокращения сердца и внутри периода (систола, диастола, изоволевическое сокращение) имеет существенный характер для современных клинических методов (см. рис. 7; [5]). Например, для выяснения причины экстрасистолы или оценки сократимости. Очевидна недостаточность точности со шкалой в минуту и в секунду. Вручную можно навести маркёр на любую ординату и сопоставить величины со временем. Такое сопоставление времени и измеряемых величин трудоёмко. Точность невелика – секунды, а нужны доли секунды.

В некоторых новых кардиологических мониторах (например, Philips IntelliVue MP60/MP70/MP90) их создатели пошли по «ретроградному» пути. Отметив интересующее вас во время контроля событие (например, включение стимулятора) с помощью клавиатуры монитора, можно затем вывести на экран запись или распечатать двадцать или немногим больше секунд предшествующей отмеченному событию записи. В результате получаем обычную для самописцев запись физиологических кривых. Со всеми трудностями ручной обработки. Запись, от которой мы так старательно уходили все эти годы внедрения мониторинга в клинику.

**Рис. 1. Графики мониторингового контроля во время операции по устранению гипертрофической обструктивной кардиомиопатии больной Д., 47 лет, ИБ №8747.07.**

Вертикальные метки:

1 – вводится допмин 5 мкг/кг/мин;

2 – отменен допмин, вводится

добутрекс 4 мкг/кг/мин;

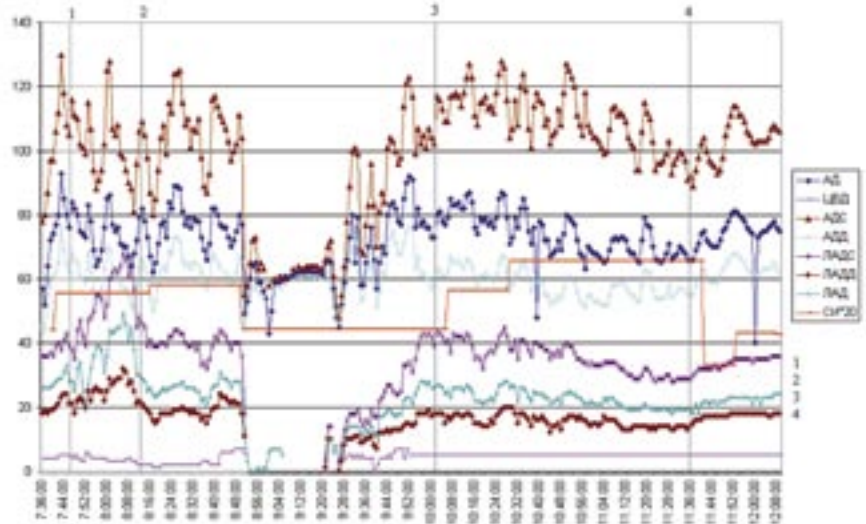
3 – после ИК, вводится допмин

5 мкг/кг/мин и добутрекс

5 мкг/кг/мин;

4 – вводится допмин 6 мкг/кг/мин и

добутрекс 8 мкг/кг/мин.



**Рис. 2. Аппаратурный комплекс технологии «Миррор». На втором плане, лицом к читателю, Л. В. Сазыкина.**

**Гемодинамика во время анестезии у больных при резекции аневризм брюшной аорты (M ± m)**

Показатель	Исход	Пережатие аорты	Пуск кровотока		Конец операции
			1-я бранша	2-я бранша	
ЧСС, мин <sup>-1</sup>	68,6 ± 5,1	70,0 ± 4,1	74,9 ± 4,6	78,8 ± 5,2	82,6 ± 4,9
АДсег, мм рт.ст.	154,0 ± 9,4	151 ± 9,9	115,0 ± 9,6*	141,2 ± 9,6	134,5 ± 9,2
АДср, мм рт.ст.	97,4 ± 6,0	93,8 ± 7,4	79,5 ± 6,2*	83,0 ± 4,3	85,7 ± 4,5
ДЛА, мм рт.ст.	18,4 ± 0,9	18,4 ± 0,9	15,5 ± 0,7*	15,1 ± 1,0*	16,1 ± 0,9
ЗДЛА, мм рт.ст.	9,7 ± 0,8	10,9 ± 0,9	8,7 ± 0,6	8,7 ± 0,8	8,9 ± 0,9
ЦВД, мм рт.ст.	7,9 ± 0,5	7,5 ± 0,8	6,4 ± 0,7	5,1 ± 0,5*	5,6 ± 0,6*
МОС, л/мин	4,3 ± 0,3	4,7 ± 0,3	4,7 ± 0,4	5,5 ± 0,5	5,3 ± 0,3
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	2,4 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,6 ± 0,2	3,1 ± 0,3*	3,0 ± 0,1*
ОПС, дин · с · см <sup>-5</sup>	1768 ± 112	1544 ± 124	1175 ± 101*	1213 ± 113*	1236 ± 115*
ЛАС, дин · с · см <sup>-6</sup>	161 ± 9	130 ± 8*	95 ± 7*	99 ± 6*	101 ± 8*
ИУРГЖ, гм · уд <sup>-1</sup> /м <sup>2</sup>	8,9 ± 0,7	9,5 ± 0,8	7,4 ± 0,6	8,4 ± 0,7	7,9 ± 0,6
ИУРЛЖ, гм · уд <sup>-1</sup> /м <sup>2</sup>	45,9 ± 2,0	49,1 ± 2,7	38,5 ± 3,1	46,7 ± 3,8	44,0 ± 3,2

Примечание. \* - p < 0,005 по сравнению с исходом

**Рис. 3. Таблица данных гемодинамики во время анестезии у больных при резекции брюшной аорты из работы Сандрикова В. А. с соавторами [20].**



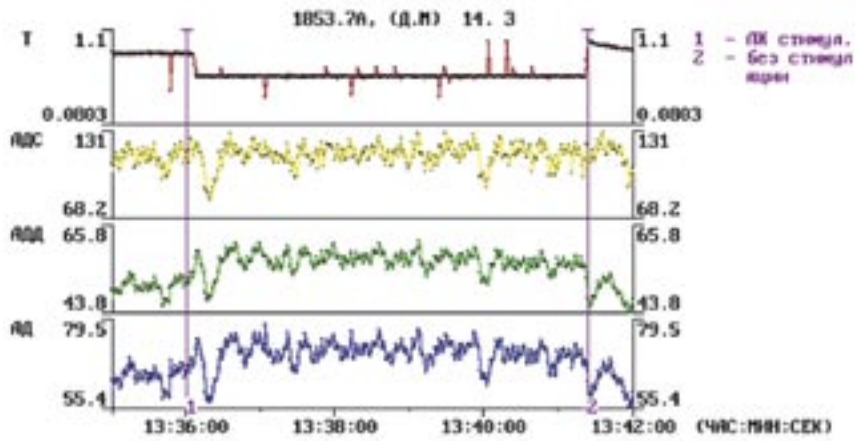


Рис. 4. Подбор режимов стимуляции в раннем послеоперационном периоде. Фрагмент поциклового (значения записаны для каждого сокращения сердца) тренда (7 минуты наблюдения) периода сокращения сердца (Т, секунды) и артериального давления больного Н. (ИБ 963.08).

Здесь: АДС – артериальное давление систолическое, АДД – диастолическое, АД – среднее (в мм рт. ст.). Записи справа имеют рабочий характер. Хорошо видна вариабельность данных и их реакция на лечебные манипуляции.

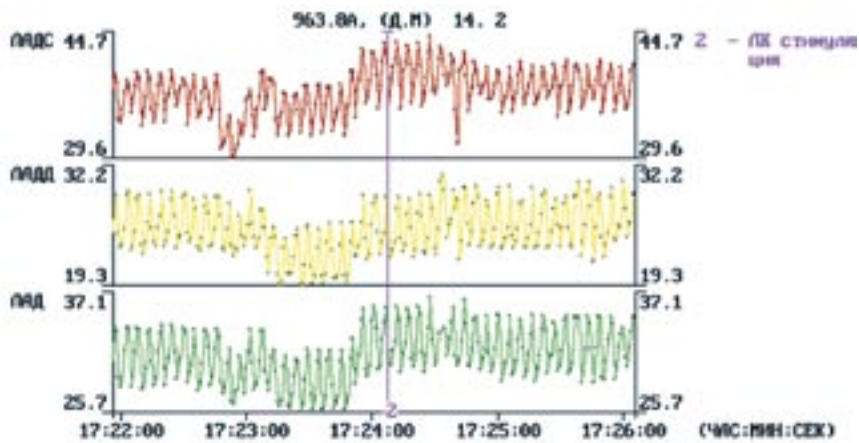


Рис. 5. Лёгочное артериальное давление (ЛАДС, ЛАДД, ЛАД) при подключении левожелудочковой стимуляции (метка 2).

Значения записаны для каждого сокращения сердца. Хорошо видны колебания данных (до 30%), связанные с дыхательными циклами.

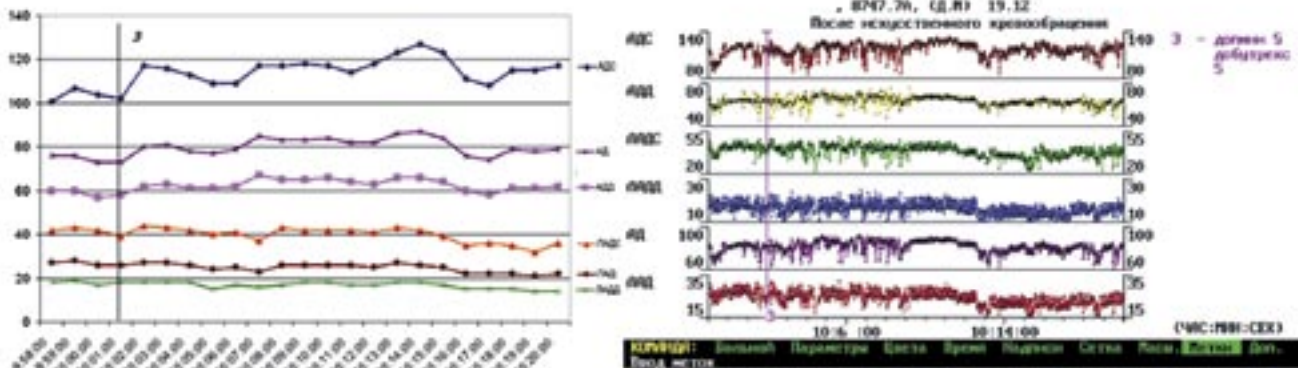


Рис. 6. Запись показателей кровообращения больной Д. (ИБ№ 8745.7), 47 лет, с диагнозом гипертрофическая обструктивная кардиомиопатия во время операции устранения обструкции выводного и среднежелудочкового отделов через правый желудочек.

Этап: после ИК, вводится допамин в дозе 5 мкг/кг/мин и добутрекс 5 мкг/кг/мин (метка 3). Сравнение лучшего обычного мониторингового контроля (слева) с поцикловым (справа). Количество получаемой информации повышается примерно на 2 порядка, что не делает ни одна из известных технологий.

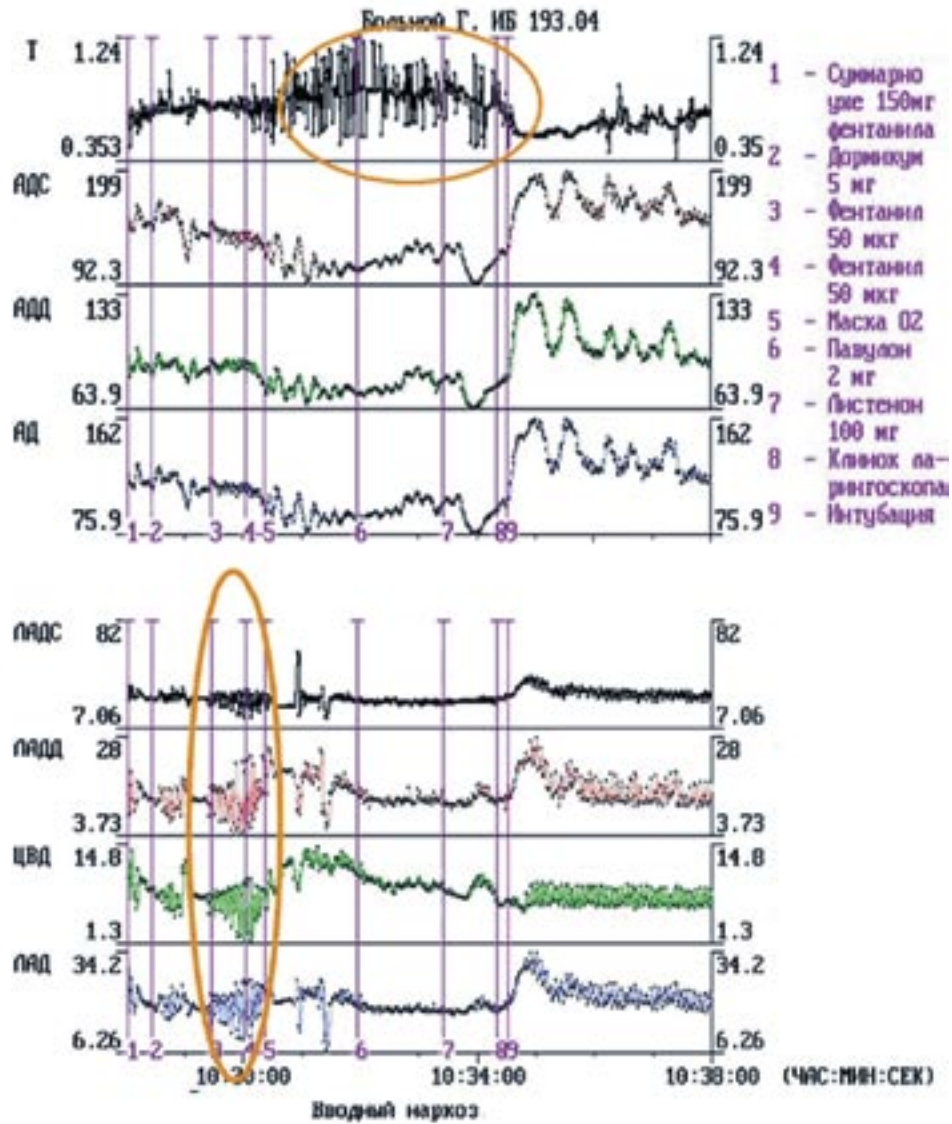


Рис. 7. Пример переходных процессов больного Г. во время операции резекции аневризмы инфраренального отдела брюшной аорты и протезирования эксплантантом «Васкутек 20». Копия экрана.

Изменение периода сокращения ( $T$ ) сердца, артериального (систолического (АДС), диастолического (АДД) и среднего (АД)), легочного артериального (систолического (ЛАДС), диастолического (ЛАДД) и среднего (ЛАД)) и венозного (ЦВД) давлений в ответ на дробное введение фентанила (метки 1, 3, 4), дормикума (метка 2), павулона (метка 6), листенона (метка 7), на установку кислородной маски (метка 5), клинка ларингоскопа (метка 8) и интубацию (метка 9).

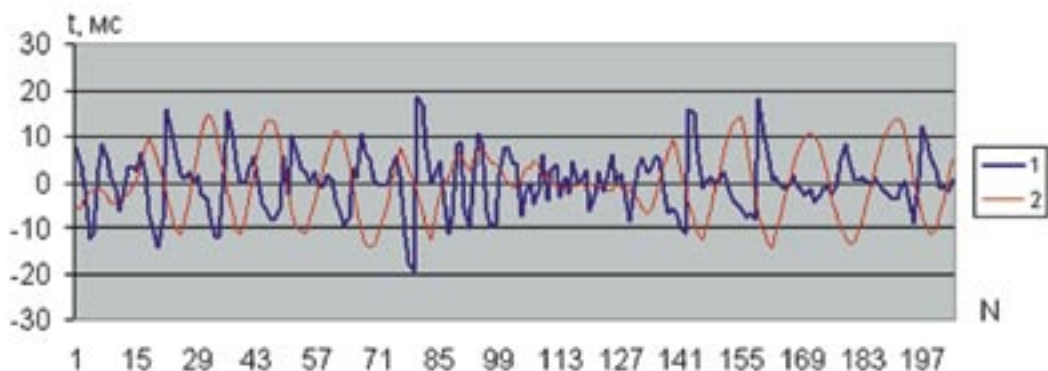


Рис. 8. Ошибка в записи длин RR-интервалов, определенных монитором, относительно длин RR-интервалов, усредненных за минуту (кривая 1), и относительно мгновенных значений длин RR-интервалов (кривая 2).



Функция	Текущее	Норма	Отклонение	Единица
AD	73.	81.	-1.10	1.04
AD	11.1	6.9	1.59	-1.32
AD	17.	16.	1.03	2.05
AD	12.	13.	-1.04	2.05
CI	1.43	2.17	-1.77	2.05

Свойство	Текущее	Норма	Отклонение	Единица
CO	2.3	3.7	-1.44	1.00
CO	7.6	6.9	0.7	1.00
CO	2142.	2258.	-1.43	1.00
CO	212.	99.	2.15	1.00
CO	8.32	8.48	-1.89	-1.03
CO	56.	74.	-1.33	1.00
CO	1.1	2.4	-3.19	-1.04
CO	8.4	11.1	-1.33	-1.05

**Рис. 9. Копия экрана. Выбор измерения для анализа.** Справа в левом верхнем окне паспортные данные, наименование операции, рост, вес пациента, время замера, особенности замера. Справа в верхнем окне времена замеров по данному больному: часы.минуты.секунды. Слева в нижнем окне данные измеренных на это время показателей: артериального систолического (АДС), диастолического (АДД) и среднего (АД) давлений; центрального венозного (ВД) давления, легочного артериального систолического (ЛАДС), диастолического (ЛАДД) и среднего (ЛАД) давлений, давления в легочных венах (ЛВД); минутного объема крови МОК и частоты сердечных сокращений ЧСС; расчетные показатели: сердечный индекс (СИ) и площадь поверхности тела (Площ). В первом столбце даны обозначения функций (верхняя таблица) и свойств (нижняя таблица). Во втором столбце даны значения показателей; в третьем — средние значения по благополучным больным с такой же нозологией (нормы); в четвертом отклонения показателей наблюдаемого больного от опорных (показывают, во сколько раз текущие значения больше опорных, или меньше опорных, если стоит знак «минус»). Выбранная для анализа (наиболее измененная) функция дана розовой строкой. Она выделяет (в столбцах) текущее значение, норму и отклонение. Пятый столбец в верхней рамке показывает, как изменится каждая из оценок функции при нормализации выбранного на этом шаге свойства, т.е. имеет прогностическое значение.

Свойство, оказавшее наибольшее влияние на наиболее измененную функцию, выделено розовой строкой в нижней таблице. Именно это свойство нормализуется на следующем шаге алгоритмического анализа. Пятый столбец в этой же таблице показывает вклад каждого свойства в сдвиг наиболее измененной функции.

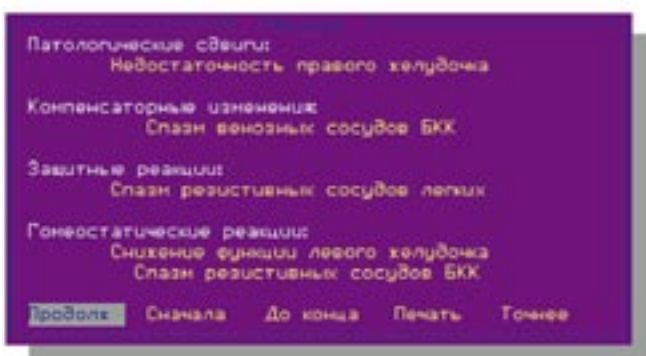
Функция	Текущее	Норма	Отклонение	Единица
AD	73.	81.	-1.10	1.04
AD	11.1	6.9	1.59	-1.32
AD	17.	16.	1.03	2.05
AD	12.	13.	-1.04	2.05
CI	1.43	2.17	-1.77	2.05

Свойство	Текущее	Норма	Отклонение	Единица
CO	2.3	3.7	-1.44	1.00
CO	7.6	6.9	0.7	1.00
CO	2142.	2258.	-1.43	1.00
CO	212.	99.	2.15	1.00
CO	8.32	8.48	-1.89	-1.03
CO	56.	74.	-1.33	1.00
CO	1.1	2.4	-3.19	-1.04
CO	8.4	11.1	-1.33	-1.05

**Рис. 10. Таблица сравнения исходных данных больного с нормами — средними данными благополучных больных с ГОКМП на этапе после искусственного кровообращения [3].**

В столбце «Текущее» — данные больного с гипертрофической обструктивной кардиомиопатией на 11.36.59.



**Рис. 11. Развернутый диагноз. Копия экрана.**

Строчка внизу — команды управления алгоритмом постановки диагноза: «Продолж» — переход к следующему шагу диагностического алгоритма, «Сначала» — возврат к первому шагу анализа, «До конца» — запуск автоматической работы алгоритма анализа, «Печать» — вывод диагноза на печать, «Точнее» — запуск дополнительных алгоритмов анализа, связанных с изменением периода сердечного сокращения и изменениями объема циркулирующей крови.

Очевидна необходимость использовать преимущество компьютеров, позволяющих не только избежать обработки кривых с помощью линейки и циркуля, но сделать её оперативной в реальном времени и использовать методы, малодоступные при записи на бумагу. Более того, врач-интенсивист не имеет времени и возможности проводить анализ сигналов вручную. И не делает этого, как правило, если крайне сложное состояние больного не вынуждает его к этому, в ущерб другим обязанностям и собственному времени. Врачи-функционалисты, если не отошли от этого ещё совсем, то быстро перестают пользоваться расшифровкой ЭКГ, ЭЭГ или ФКГ «вручную».

Теперь распространились приборы УЗИ-диагностики, не имеющие средств для перехода к ручному анализу и с высоко автоматизированными процедурами обработки результатов измерений. Весь спектр вычислений выполняется автоматически. Но, к сожалению, эти приборы в значительной части имеют те же недостатки, что и прикроватные мониторы и др. медицинские измерительные системы. Что касается оперативной, постоянной, без ручного труда привязки к астрономическому времени и, соответственно, другим измерителям и исполнительным приборам, то это не делается или делается грубо.

Таким образом существующие приборы не привязывают измеряемые процессы к астрономическому времени оперативно, без дополнительной обработки и с точностью, необходимой для современной диагностики и терапии, несмотря на то, что профессиональные ПК позволяют сделать это с высокой точностью.

## Актуальность оперативного анализа

Анализ аритмий и ишемии миокарда выполнен и внедрён в коммерческие МК системы. На наш взгляд, — это существенное продвижение вперёд.

Оперативный автоматический анализ текущего состояния больного не реализован даже в самых развитых мониторах. Это отражает общемедицинскую проблему: лечим орган, систему, в лучшем случае больного, но не человека. Сложность в том, что тезис «нужно лечить не болезнь, а больного» так

же не верен, как и тезис или практика «лечения болезни». Во многих ситуациях нужно соблюдать и согласовывать то и другое вместе. Есть, конечно, такие обстоятельства, что приходится и нужно предпринять меры по борьбе с эпидемией или, наоборот, достаточно клипировать межпредсердный дефект.

В 70-е годы прошлого столетия мы разработали технологию, которая с одной стороны объединяет подсистемы ССС, а с другой — выделяет наиболее слабое звено и концентрирует на нём внимание [10, 14, 16, 17].

В качестве примера рассмотрим данные больной Д. (ИБ 8745.07), 47 лет, с диагнозом: обструктивная гипертрофическая кардиомиопатия (рис. 9). Больной выполнена операция — иссечение участка гипертрофированной межжелудочковой перегородки доступом из правого желудочка в условиях искусственного кровообращения, гипотермии и фармакоолодовой кардиopleгии. Через час после основного этапа операции (окончания искусственного кровообращения) в 11.36.59 у больной наблюдалась острая правожелудочковая недостаточность (рис. 10).

Анализ соотношений между ОЦК, эластичностью вен и частотой сокращений требует вызова специальной подпрограммы. Справа сверху приводятся выбранные на текущем шаге анализа свойства и функции. Справа внизу указано минимальное, принимаемое за значимое отклонение функции (порог отклонений). Там же дан порог значимых, принимаемых во внимание анализом изменений функции. Нижняя строка меню определяет текущие возможности программы, а именно: следующий шаг анализа; возвращение к предыдущему шагу; желаемое изменение функции и изменение свойства; автоматический вывод диагноза; установку порогов; переход к табличному представлению данных; вывод на схему абсолютных и относительных величин или «норм»; вывод схемы на печать; переход к главному меню.

Пример диагноза дан на рис. 11. Все изменения в состоянии сердечно-сосудистой системы разделены на патологические сдвиги и адаптивные. Этот метод разделения сдвигов запатентован ИЦССХ [7]. В данном случае в качестве патологического сдвига установлена недостаточность правого желудочка сердца.

Адаптивные сдвиги разделены на компенсаторные, защитные и гомеостатические [6]. Компенсаторное изменение — спазм венозных сосудов большого круга кровообращения — не дает упасть СИ и значениям давлений.

Защитная реакция: спазм резистивных сосудов легких не дает упасть давлению в легочных артериях, тем самым обеспечивая кровоток к левому сердцу. Гомеостатические реакции — снижение насосной способности левого желудочка поддерживает гомеостаз легочного артериального давления, а спазм резистивных сосудов большого круга кровообращения направлен на поддержание гомеостаза артериального давления.

Ниже приведена диаграмма — образ состояния ССС (рис. 12), отражающая изменения гемодинамики, представленные в таблице на рис. 10.

Радиусы большого круга представляют функции. Например, СИ (сердечный индекс), АД (артериальное давление), ВД (центральное венозное давление), ЛАД (легочное артериальное давление), ЛВД (легочное венозное давление, давление заклинивания). Радиусы оцифрованы относительными величинами. Рядом с линией радиуса могут стоять значения относительных и абсолютных величин, а также норм. Например, СИ снижено в 1.7 раза, имеет абсолютное значение 1.69 л/(мин·м<sup>2</sup>) и норму 2.87 л/(мин·м<sup>2</sup>) (см. рис. 10).

Диаметры маленьких кружков представляют свойства, от которых эти функции зависят. Состояние левого желудочка определяется его насосным коэффициентом — КП. Правого — КП. Состояние артериального резервуара, венозной системы, лёгочной артерии и лёгочных вен определяется их эластичностями (ЭА, ЭВ, ЭЛА, ЭЛВ). Кровоток через лёгочный (малый, МКК) и большой (БКК) круги кровообращения зависит от их сопротивлений (ОЛС и ОПС). Рядом стоящие показатели могут иметь по выбору врача абсолютные или относительные значения, а также нормы.

Наиболее изменённая функция выводится красным цветом. Свойство, наибольшим образом повлиявшее на ее изменение, также представлено красным цветом. Здесь на диаграмме — это (рис. 12) правожелудочковая недостаточность с показателем КП, которое снижено в 2,7 раза по отношению к нозологической норме.

Диагностический алгоритм выполняет последовательную, в соответствии со степенью влиянием на функцию, нормализацию свойств ССС. При этом на основе методики слабого звена достигается разделение изменений функций и свойств на патологические и адаптивные. Анализ может вестись как по наиболее измененным показателям, так и по выбору показателей врачом.

На рис. 13 дана диаграмма, отражающая имитацию при замене величины

свойства (КП), являющегося основным патологическим звеном, на нормальное. Значения функций: СИ и давлений возрастут выше нозологической нормы. Наиболее сильно при этом в 2,11 раза увеличится давление в легочной артерии – ЛАД.

Следующий шаг (рис. 14) – нормализация свойства, влияющего на изменение наиболее изменившейся функции ЛАД – насосной способности левого сердца КЛ.

Следующий шаг имитационного анализа с помощью математической модели – нормализация общего периферического сопротивления большого круга кровообращения ОПС (рис. 15).

Далее, нормализация общего легочного сопротивления (рис. 16) снижает легочное артериальное давление.

Как видно из рис. 17 изменения функций после выполненных нормализаций меньше 15% – пороговых значений, заданных нами. Изменения других параметров не приведут к значимым изменениям гемодинамических функций. Выполненный анализ приводит к постановке диагноза, приведенного на рис. 11.

Больной, в связи с развившейся правожелудочковой недостаточностью, были назначены кардиотоники: допамин в дозе 6 мкг/кг/мин и добутрекс в дозе 8 мкг/кг/мин. В результате можно наблюдать улучшение состояния больной. СИ вырос по сравнению данными до начала лечения в 1,34 раза (рис. 18).

Аналогичные решения были получены коллективами Кирклина, Амосова, Шумакова и др. Таким образом кардиохирургия вступила на стезю алгоритмического анализа. Однако после замечательных успехов в контроле, передаче, хранении, организации и представлении данных, она «топчется на её краю и не решается объединить всю доступную информацию и перейти к генеральному наступлению на этом направлении». Это основное препятствие к интеллектуальным методам и новым принципиальным решениям (например, [1, 4, 5, 16, 17, 23]).

## Синтез и созидание

Определение патологических процессов, оценка их патогенности и реакции на них организма, это иная задача, чем диагностика или оценка

состояния в их классическом понимании [6, 7, 10, 11, 12, 14]. Как классическая диагностика, так и анализ современными интеллектуальными средствами опирается на обследование больного. Его рассказ, жалобы, пол, рост, вес, телосложение, наследственность, образ жизни, сопутствующие и ранее перенесённые болезни, врождённые пороки, характер работы, социальное положение, физическое состояние, возраст, инструментальное обследование, количественные показатели и т. п. Как-то, АД 120/80, или просто «в норме» и т. п.

Как отсюда получить рекомендации по лечению? Сейчас это делается при помощи обобщённого опыта лечения очень больших по возможности одинаковых групп больных (Evidence-based medicine, например, [22]). К сожалению, по отношению к количеству признаков самые большие группы обследованных больных – недостаточны. Для глубокого дифференциального анализа – не достаточны в принципе [23].

Результаты таких многоцентровых рандомизированных и дважды слепых исследований полезны для ориентации и для рекомендаций в рамках «лечения болезней». Они полезны для коррекции знаний и умений врача и даже целых клинических школ на основе опыта международного сообщества медиков. Эти результаты позволили предложить, объединённой по нозологиям, опыт медицины врачу в компактных, отработанных, конкретно направленных рекомендациях (например, [12]). Этот опыт реализуется, объединяясь с личным персональным опытом практикующего врача. Такое объединение предполагает творческую переработку, учёт социальной ситуации, возможностей здравоохранения, способности и загруженности персонала, является обогащением знаний и умений. Он интегрируется и оживляется талантом личности доктора и творческой атмосферой коллектива клиники. В этом отношении «медицина, основанная на доказательных данных» величайшее достижение прошлого и начала этого столетия (см., например, [22]). Оно вполне сравнимо с достижениями в космосе, в ядерной энергетике и кардиохирургии.

Однако нужно видеть, не только положительные широко известные результаты этого направления медицины, а и «обратную сторону медали», которая, как всегда, есть.

Отступление от рекомендаций должно быть обосновано и даже, если обоснование не достаточно, может быть наказуемо, караться законом. При этом ответственность за конеч-

ный результат лежит, естественно, не на рекомендациях, или их авторах, а персонально на лечащем враче. Это последнее обстоятельство (хотя оно скорее эфемерное, чем практически имеющее место) всё же не поддерживает мотивацию вникнуть более глубоко в суть болезни и терапии. Более глубоко, чем это можно сделать на основании статистических методов. То есть, перейти от среднестатистической терапии к индивидуальному ситуационному персональному лечению.

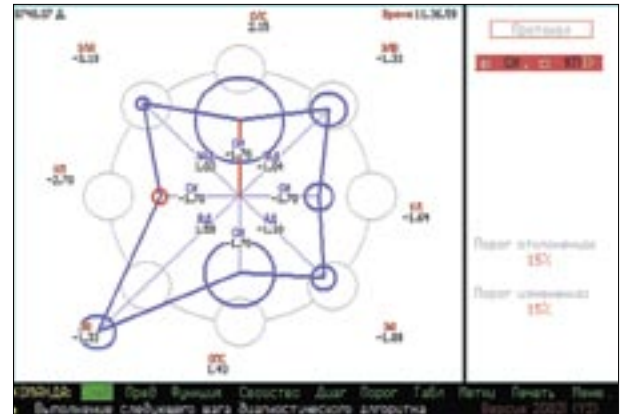
Диагноз базируется не только на доказательных среднестатистических данных. Он формируется на клинко-физиологическом осмыслении состояния больного и синтезе на этой основе персональной терапии, неповторимой и уникальной по своему существу. От назначения лекарств и выполнения операций до беседы с больным и его родными. Врачебное искусство – её основа. Оно происходит из результатов опыта, анализа, интуиции и знаний. Сегодня внедряются типизация, паттерны, протоколы и стандарты. Это внедрение нуждается в интеллектуальной поддержке, в объединении с клинко-биологическими методами анализа и синтеза. Многие методики и программы поддержки принятия решений разработаны ещё в прошлом столетии. Это алгоритмы терапии, экспертные системы, динамическое программирование, распознавание образов и др. (рис. 19 [5, 14]).

Здесь встречаются личные интересы и интересы дела. Само обращение к клинко-физиологическому (клинко-биологическому) анализу ставит под сомнение общепринятые методические пособия, традиции, стандарты, протоколы, российские (а как первоисточник Европейские и Американские) рекомендации. С первого шага – это обращение есть ересь, предполагает необходимость убедительного обоснования отхода от общепринятых рекомендаций. Обоснование перед заведующим, на клиническом разборе, перед страховой компанией, самим больным и его родственниками. Но главное перед своей собственной совестью. Как испытание своей квалификации. Своего мнения о самом себе.

Сейчас актуальна реализация методов **оперативного в реальном времени синтеза рекомендаций** с непрерывной адаптацией к состоянию и к процессу выздоровления больного, а также с согласованием с общепринятыми руководствами, стандартами, протоколами (например, ВНОК [12]). И это не перспектива, а, как ни странно, прошлое, которое захлестнул бизнес. Погоня за средствами, за положением

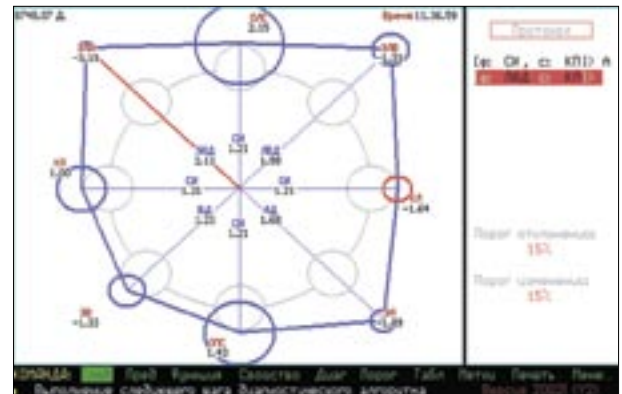
**Рис. 12. Образ острой сердечной недостаточности правожелудочкового генеза.**

Выделено красным. Насосный коэффициент правого желудочка (КП) упал в 2,7 раза, что привело к падению СИ в 1,7 раза. Центральное венозное давление (ЦВД) повышено в 1,59 раз. Изменения давлений: артериального, легочного артериального и легочного венозного не превышают 10%. Наблюдая (обычный мониторинговый контроль) только эти показатели невозможно определить, что развивается правожелудочковая недостаточность. Имеется снижение насосной способности левого желудочка в 1,64 раза (гомеостатическая реакция), поддерживающая легочное артериальное давление. Спазм резистивных сосудов большого круга кровообращения (ОПС повышено в 1,43 раза) поддерживает гомеостаз артериального давления. Спазм венных сосудов большого круга кровообращения (в 1,33 раза) компенсирует падение сердечного выброса и давлений. Спазм резистивных сосудов малого круга кровообращения (ОЛС повышено в 2,15 раза) не дает упасть давлению в легочных артериях, тем самым обеспечивая адекватный кровоток к левому сердцу.



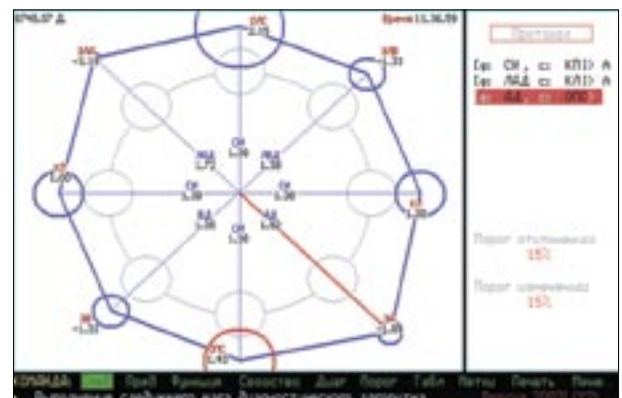
**Рис. 13. Схема кровообращения больной Д. в предположении, что правый желудочек (КП) функционирует нормально.**

Нормализация КП привела к увеличению СИ в 1,21 раза, давления в легочной артерии ЛАД в 2,11 раза.



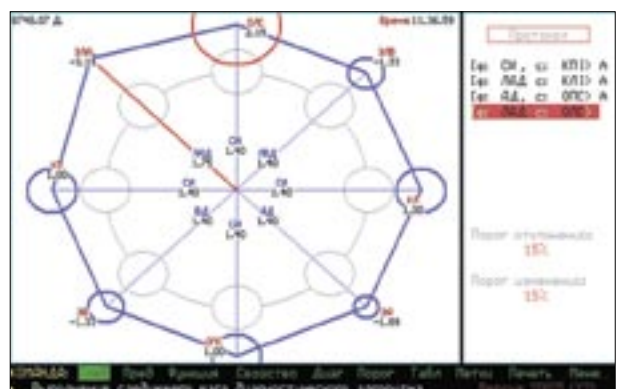
**Рис. 14. Схема кровообращения больной Д.**

Нормализация КП привела к увеличению артериального давления в 1,92 раза.

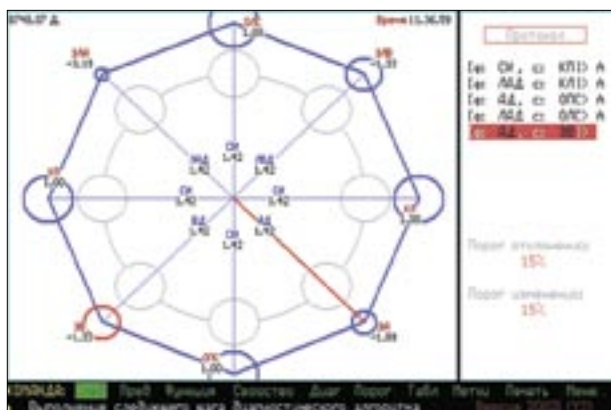


**Рис. 15. Схема кровообращения больной Д.**

После нормализации ОПС наиболее сильно повышено легочное артериальное давление – в 1,75 раза.



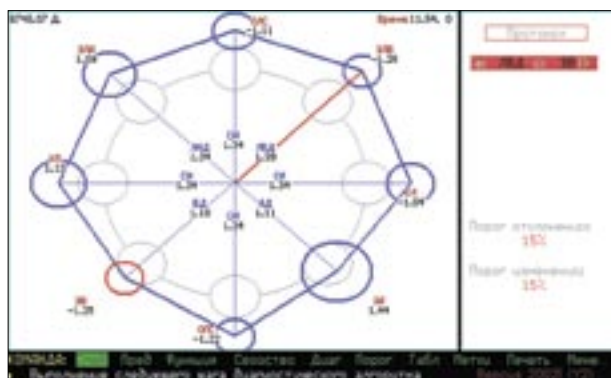




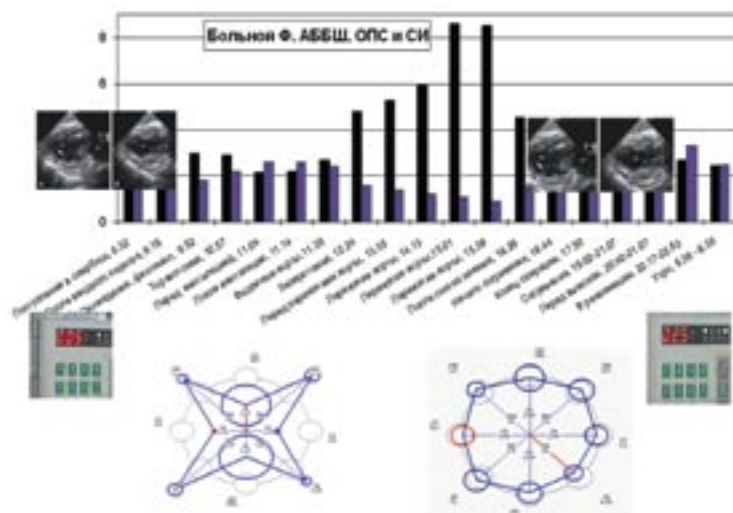
**Рис. 16. Схема кровообращения больной Д.**  
Нормализация ОЛС привела к снижению повышенного легочного артериального давления с 1,75 до 1,42 раза.



**Рис. 17. Схема кровообращения больной Д.**  
Нормализация ЭВ привела к снижению повышенных давлений – АД, ВД, ЛАД и ЛВД и сердечного индекса СИ. Повышение этих показателей не превышает 15%.



**Рис. 18. Диаграмма изменений гемодинамики больной Д.**  
во время проведения лечения кардиотониками. Сравнение выполнялось с состоянием гемодинамики больной до назначения кардиотоников.



**Рис. 19. Информационное обеспечение оперблока [3].**



в обществе. Контакт не с больными, а с сильными мира сего, говорят, для пользы дела, но какого и чьего? Больного, врача, клиники, страховой компании, министерства, администраторов, руководящих ЛПУ и другими «структурами» здравоохранения и т. д.?

## Заключение

Любая наука, даже математика, начинается с естественных аксиом, которые считаются очевидными. А. А. Каган определяет это начало как истину, которая доказывается простым и убедительным аргументом — «смотри». Поэтому мы привели графики на рис. 5, 6 и 7. Если сформировать оценки для каждого физиологического цикла (сокращения сердца, дыхательного цикла), можно избежать рассмотренных ошибок (см. выше) и добиться хорошей интерпретируемости [5, 8].

Время и вид усреднения данных в современных медицинских измерительных и исполнительных приборах (мониторах, УЗИ, АИД, АИК, тонометрах и т. п.), часто, не определены (неизвестны). Значение ЧСС, выводимое на экран современным медицинским измерителем, может отличаться при контроле динамических и переходных процессов более чем на 10 уд/мин от значения ЧСС за минуту и более чем на 25 уд/мин от мгновенного ( $T^{-1}$ ) значения ЧСС. Аналогичные ошибки могут иметь место и при контроле других пространственных параметров кардиодинамики, гемодинамики, дыхания и др.

Таким образом, **усреднение должно быть согласовано с физиологическими и клиничко-физиологическими процессами**. Вопрос о физиологически оправданном усреднении (например, за время дыхательного цикла, рис. 8) практически не ставится. Для того, чтобы можно было проводить патофизиологический анализ, показатели должны быть соотнесены с циклической активностью дыхания, сердца, сном и бодрствованием мозга и т. п. При необходимости, показатели кардиогеомодинамики должны быть усреднены за столько биоциклов (например, циклов сокращения сердца), сколько необходимо для решения клинической и/или научной задачи [7, 9].

Программы предварительной обработки сигналов не приводятся в инструкциях и, вероятно, не определены с достаточной чёткостью. Измерительные приборы (и исполни-

тельные) не синхронизированы между собой; погрешность синхронизации (как и контроля) неизвестна.

Разобщённость мониторинга, лучевой диагностики, автоматизированной истории болезни, искусственного дыхания, инфузоматов и т.п. не позволяет с достаточным качеством решить задачи определения рисков операционного лечения, прогнозов осложнений, причин патологических изменений и, особенно, роли взаимодействия патологических процессов с процессами регуляции и регенерации.

Для каждого измерительного прибора должны быть установлены и приведены в описании погрешности: статическая, динамическая, абсолютная, относительная и их зависимость от клиничко-физиологических условий, относящаяся не к функции датчиков (что делается), а к предварительной обработке данных.

Оперативный анализ патологических и лечебных процессов отстаёт от клиники.

Синтез и оптимизация терапии отсутствуют почти полностью. Почти что так же обстоит дело с использованием обратной связи и оценки качества терапии (хотя для отдельных заболеваний имеются эффективные методики).

Нельзя также не отметить актуальность и трудности разработки и внедрения основного направления информатизации медицины МЗ РФ — создания интегрированных информационных медицинских систем. В 2002г отдел «Кибернетики» НЦССХ и компания Открытые Технологии разработали совместно проект и макет интегрированной медицинской информационной системы для институтов Научного Центра им. А. Н. Бакулева. В проект входили АРМы клинических отделений, АСОР операционных и реанимации, БИТы, диагностические кабинеты, ИС директора Центра и институтов, главного врача НИИ сердечнососудистой хирургии, ученого секретаря, а также средства демонстрации фрагментов АИБ и текущего состояния больных в конференц-залах. Система имела центральный сервер и КБД. Макет был собран в помещении отдела кибернетики и двух БИТах НЦССХ. Презентация прошла успешно. Внедрение системы (монтаж и запуск) не было проведено по организационным обстоятельствам.

Эти «обстоятельства» и описанные в статье трудности информатизации сдерживают и сейчас использование современных интеллектуальных технологий диагностики и выбора терапии, не говоря о научных исследованиях. Это положение не имеет под собой принципиальных технических трудностей, т.к. современная техника и математика

вполне способны разрешить эти проблемы. Технология Миррор — пример такого принципиального решения (см. рис. 19 [7, 8, 9, 10, 14, 16]).

Большой вклад в становление и разработку современных интеллектуальных технологий клинической медицины и преодоления описанных здесь «трудностей роста» вот уже 20 лет вносит журнал «Клиническая информатика и телемедицина». Не только в Украину, но и России и всех стран, где развиваются современные информационные и интеллектуальные медицинские технологии. Мы с удовольствием и от всей души поздравляем Олега Юрьевича Майорова и всех его коллег с юбилеем.

## Литература

1. Амосов Н. М., Лищук В. А., Пацкина С. А. и др. Саморегуляция сердца. — Киев: Наукова Думка, 1969. — 157 с.
2. Бокерия Л. А., Антоненко Д. В., Борисов К. В. и др. Состояние сердечно-сосудистой системы до и после операции по коррекции гипертрофической obstructивной кардиомиопатии. Часть 1 // Клиническая физиология кровообращения. № 2 — 2005 г. — М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. — С. 60–75.
3. Бокерия Л. А., Бокерия О. Л., Лищук В. А., и др. Временная бивентрикулярная стимуляция у пациентов с сердечной недостаточностью после кардиохирургических операций // XIII Всероссийский Съезд сердечно-сосудистых хирургов (Москва 25–28 ноября 2007): Тезисы докладов и сообщений. Т. 8. № 5. Ноябрь, 2007. — М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. — С. 80.
4. Бокерия Л. А., Викторов В. А., Лищук В. А. и др. Реализация метрологической оценки контроля сердечно-сосудистой системы с помощью современных информационных систем в кардиохирургической интенсивной терапии // Всероссийская научная конференция «Медицинская информатика накануне 21 века» (Санкт-Петербург 27–29 мая 1997): Тезисы докладов. Часть 1. — СПб.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 1999. — С. 12–13.
5. Бокерия Л. А., Леонов Б. И., Лищук В. А. Актуальность экспертизы (метрологической оценки) современных измерительных медицинских методов и приборов для интенсивной терапии, реанимации, функциональной диагностики и кардиохирургии // Клиническая физиология кровообращения. Номер 3. — 2005. — М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. — С. 65–78.

6. Бокерия Л. А., Лищук В. А., Газизова Д. Ш. Система показателей кровообращения для оценки состояния, выбора и коррекции терапии при хирургическом лечении ишемической болезни сердца (нозологическая норма). Руководство. – М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 1998. – 49 с.
7. Бокерия Л. А., Лищук В. А., Газизова Д. Ш. Способ разделения патологических и компенсаторных реакций сердечно-сосудистой системы. Патент РФ № 2153291 от 27.07.2000, Бюл. №21.
8. Бокерия Л. А., Лищук В. А., Газизова Д. Ш., Сазыкина Л. В. Способ патофизиологически ориентированного мониторинга контроля вегетативных процессов человека // Патент РФ 2243719 от 10.01.2005, Бюл. №1.
9. Бокерия Л. А., Лищук В. А., Спиридонов А. А. и др. Влияние пережатия аорты на гемодинамику при реконструкции грудной и брюшной аорты. // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2004. – №1. – С. 125–135.
10. Бураковский В. И., Бокерия Л. А., Газизова Д. Ш. и др. Компьютерная технология интенсивного лечения: контроль, анализ, диагностика, лечение, обучение. – М., 1995. – 85 с.
11. Газизова Д. Ш. Клинико-физиологические представления о норме // Клиническая физиология кровообращения. Номер 3. – 2005г. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – С. 49–60.
12. Диагностика и лечение острой сердечной недостаточности. Российские рекомендации (разработаны Комитетом экспертов Всероссийского научного общества кардиологов. Секция неотложной кардиологии, Москва, 2006) // Сайт в Интернете <http://www.cardiosite.ru/medical/recom-dia-contents.asp>. – 2007.
13. Лищук В. А. Еще раз о типичных ошибках при обработке данных клинического и мониторингового контроля. // Седьмой Всероссийский съезд кардиохирургов (10–13 ноября 2001 г.). Тезисы докладов и сообщений. Т. 3. № 5. Ноябрь 2001. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2001 г. – С.183.
14. Лищук В. А. Математическая теория кровообращения. – М.: Медицина, 1991. – 256 с.
15. Лищук В. А. Медицинские приборы должны соответствовать высокотехнологичной медицине // Медична техніка. – №3 (4), 2008. – Украина, г. Киев. – С. 57–63.
16. Лищук В. А., Бокерия Л. А. Математические модели и методы в интенсивной терапии: сорокалетний опыт. К 50-летию НЦССХ им. А. Н. Бакулева. Часть 1. 1966–1986 гг. // Клиническая физиология кровообращения. Номер 1. – 2006 г. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – С. 5 – 16.
17. Лищук В. А., Бокерия Л. А. Математические модели и методы в интенсивной терапии: сорокалетний опыт. К 50-летию НЦССХ им. А. Н. Бакулева. Часть 2. 1986–1996 гг. // Клиническая физиология кровообращения. Номер 2. – 2006 г. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – С. 12–25.
18. Лищук В. А., Газизова Д. Ш. Система клинико-физиологических показателей кровообращения // Клиническая физиология кровообращения, 2004, 1, с. 28–38.
19. Лищук В. А., Газизова Д. Ш., Лобачева Г. В., Овчинников Р. С., Никитин Е. С., Сазыкина Л. В., Серегин К. О., Сокольская Н. О., Бокерия Л. А. Периоперационный мониторинг гемодинамики у кардиохирургических больных: новые возможности и старые недостатки // Анестезиология и реаниматология. Номер 3. – 2006 г. – М.: Медицина. – С. 8–10.
20. Майоров О. Ю., Фенченко В. Н. Применение локального индекса фрактальности для анализа коротких рядов R-R интервалов при исследовании вариабельности сердечного ритма // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – Т. 6. – Вып. 7. – С. 6–12.
21. Сандриков В. А., Ревуненков Г. В., Кулагина Т. Ю. «Внутрисердечная эхокардиография в кардиохирургии» // Клиническая физиология кровообращения. – № 1. – 2004 г. – М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. – С. 19–27.
22. Fox K. The BEAUTIFUL study: randomised trial of ivabradine in patients with coronary artery disease and left ventricular systolic dysfunction. Baseline characteristics of the study population. *Cardiology* 2008; 110: 271–82.
23. Lischouk V. A. (Лищук В. А.) Clinical results with computer support of the decisions (in the cardiosurgical intensive care unit) // *Databases for cardiology*; ed by Meester G. T., Pinchiroli F. – Dordrecht: Kluwer academic publishers, 1991. – pp. 239–259.

### Technical and mathematical control of circulation — a condition and prospects

L. A. Bockeria, V. A. Lischouk  
D. Sh. Gazizova, L. V. Sazykina  
G. V. Shevchenko

Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences Moscow

#### Abstract

Experience of four decades of monitor and on-line and RTE computer control of patients during and after heart and vessels operations is generalized. The objective

and subjective reasons of errors of data processing and interpretation of results are presented. Conclusion: it is shown that elimination of data processing and results interpretation errors increases quality of treatment and allows to apply intellectual means and methods to adequate correction of therapy effectively.

**Key words:** arterial pressure, heart rate, monitor and computer control, shortcomings of measurements and analysis, technical and software, intensive therapy, operations on heart and vessels.

### Техніко-математичний контроль кровообігу — стан і перспективи

Л. А. Бокерія, В. О. Ліщук  
Д. Ш. Газізова, Л. В. Сазикін  
Г. В. Шевченко

Науковий Центр серцево-судинної хірургії ім. О. М. Бакулева РАМН Москва, РФ

#### Резюме

Узагальнено досвід чотирьох десятиліть моніторно-комп'ютерного on-line і RTE контролю хворих під час та після операцій на серці та судинах. Представлені об'єктивні і суб'єктивні причини помилок обробки даних та інтерпретації результатів. Показано, що усунення помилок обробки даних та інтерпретації результатів підвищує якість лікування і дозволяє ефективно застосовувати інтелектуальні засоби і методи для адекватної корекції терапії.

**Ключові слова:** артеріальний тиск, ЧСС, моніторно-комп'ютерний контроль, недоліки вимірювань аналізу, технічне і математичне забезпечення, інтенсивна терапія, операції на серці і

#### Переписка

д. биол. н., профессор В. А. Лищук  
НЦССХ им. А. Н. Бакулева  
Рублевское шоссе, 135  
Москва, 121552, РФ  
тел.: +7 (495) 414 75 52  
+7 (916) 591 23 28  
эл. почта: Lischouk@rambler.ru