

Антонов А.А., Буров Н.Е.

# МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СИСТЕМНЫЙ АППАРАТНЫЙ МОНИТОРИНГ

ГОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования», кафедра анестезиологии и реаниматологии, Москва. [www.symona.ru](http://www.symona.ru)

Antonov A.A., Burov N.E.

## MULTIFUNCTIONAL SYSTEM MONITORING

Department of Anesthesiology and Intensive Care Russian Medical Academy of Postgraduate Education. Moscow

### Резюме

Разработана концепция многофункционального системного аппаратного мониторинга жизненно важных функций, основанная на физиологии и патофизиологии. Эта концепция реализована в серийно выпускаемом отечественном аппаратно-программном комплексе «Система интегрального мониторинга «Симона 111». Показывая одновременно и непрерывно интегральную картину состояния гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, дыхания, метаболизма, активности центральной и вегетативной нервной системы, Симона помогает выявить и разделить патологические и компенсаторно-приспособительные реакции при различной хирургической и терапевтической патологии. Это значительно расширяет наши возможности в диагностике и лечении всевозможных заболеваний и способствует осознанному выбору лечебных мероприятий.

**Ключевые слова:** мониторинг, жизненно важные функции, нервная система, сердечно-сосудистая система

### Abstract

The concept of multi-system hardware monitoring of vital functions, based on the physiology and pathophysiology. This concept is implemented in a commercially available domestic hardware-software complex «integrated monitoring system, Simon, 111». Simultaneously and continuously showing an integrated picture of the hemodynamics, transport and oxygen consumption, respiratory, metabolic activity of the central and autonomic nervous system, Simon helps to identify and separate pathological and compensatory-adaptive reactions at different surgical pathology and therapy. This greatly expands our capabilities in the diagnosis and treatment of various diseases and contributes to the conscious choice of therapeutic measures.

**Key words:** monitoring, vital functions, nervous system, cardiovascular system

Современная медицина немыслима без аппаратного мониторинга. Системный подход в этом вопросе означает, что гемодинамика, транспорт и потребление кислорода, дыхание и метаболизм образуют единую систему, которая в результате постоянного взаимодействия ее элементов поддерживает свое существование и функционирует как единое целое.

Мониторинг гемодинамики – важнейший компонент многофункционального аппаратного мониторинга, однако в традиционном мониторинге гемодинамики имеется ряд очевидных нерешенных теоретических и технологических проблем.

Во-первых, за последние 50 лет гемодинамические мониторы подвергались громадным технологическим улучшениям, но исходы лечения из-

менились не столь значительно. Объяснение этому можно найти, вникнув в философию современного мониторинга. Задача его – получить ранний сигнал о появившемся дисбалансе (расстройстве). Поэтому мониторы имеют тревожную сигнализацию, и клиницист обладает возможностью самостоятельно устанавливать аварийный сигнал, когда мониторируемые показатели выходят за установленные пределы в зону уже свершившейся катастрофы – аварийную «красную зону». По нашему мнению, все показатели должны иметь еще так называемую «серую зону», в которой пациент, вероятнее всего, уже компрометирован, и клиницисту пора начинать мероприятия по их нормализации, не дожидаясь катастрофы и включения аварийного сигнала. Та-

кое упреждающее катастрофу лечение значительно улучшит кровоснабжение всех органов и ускорит выздоровление.

Во-вторых, информация (цифровое значение показателей) выводится на дисплей без сравнения с нормой данного индивидуума или с прежними его данными, что не позволяет оперативно оценивать ее критическое изменение.

В-третьих, большинство клинических заключений основано только на данных артериального давления (АД), электрокардиографии, пульса и фотоплетизмографии (сатурации артериальной крови – SpO<sub>2</sub>). Адекватность перфузии определяется далеко не у каждого пациента. Этим недостатком страдает и Гарвардский стандарт, показатели кровообращения которого не обеспечивают полноценную и системную оценку гемодинамики.

В-четвертых, многочисленными исследованиями доказано, что имеются только 4 гемодинамических показателя, уровни которых коррелируют с выживаемостью: ударный индекс работы левого желудочка (УИРЛЖ), отражающий суммарный баланс преднагрузки и сократимости; сердечный индекс (СИ), характеризующий объем перфузионного кровотока; DO<sub>2</sub>I – индекс доставки кислорода; VO<sub>2</sub>I – индекс потребления кислорода [1–6]. Не случайно в качестве биологического эквивалента клинического термина «шок» – одного из самых распространенных критических состояний – используется термин «дизоксия» (греч. **диз-** или **дис-** – приставка, обозначающая затруднение, нарушение, утрату), когда наблюдаются гиповолемия, гипоинотропия, гипомикроциркуляция, ведущие к снижению доставки и потребления кислорода [7, 8]. Врач отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) ошибочно считает, что измерить эти показатели можно только после введения катетера Сван-Ганца в легочную артерию или наладив PICCO-мониторинг. Эти инвазивные способы имеют известные ограничения и недостатки [9–13] и в практике интенсивной терапии (ИТ) применяются только в специализированных лечебных учреждениях.

Вышеуказанные показатели гемодинамики нужны не только у пациентов в критическом состоянии. Хотелось бы иметь их всегда, чтобы знать, например, исходные уровни для оценки операционно-анестезиологического риска, их динамику во время и после операции (родов) или на фоне ме-

дикаментозного лечения в амбулаторной практике, а также в спортивной медицине. В этой связи будущее принадлежит гемодинамическим мониторам, основанным на неинвазивной основе.

Перечисленные нерешенные вопросы заставляют врача заниматься лечением гемодинамических симптомов, вместо того чтобы диагностировать причины патологической гемодинамики (дисволемию, дизинотропию, дисвазотонию, дисхронотропию, дисмикроциркуляцию, дизоксию тканей, дизэнергогенез) и подбирать такую терапию для конкретного пациента, которая приводила бы к нормоволемии, нормоинотропии и нормовазотонии. Только у такого пациента могут быть нормальные АД и систолический выброс. Когда терапевтическими мерами добиваются нормохронотропии, получают адекватный перфузионный кровоток. Только при хорошей перфузии (нормомикроциркуляции) и оптимальном снабжении тканей кислородом можно ожидать нормальные VO<sub>2</sub>I и энергогенез [12, 14].

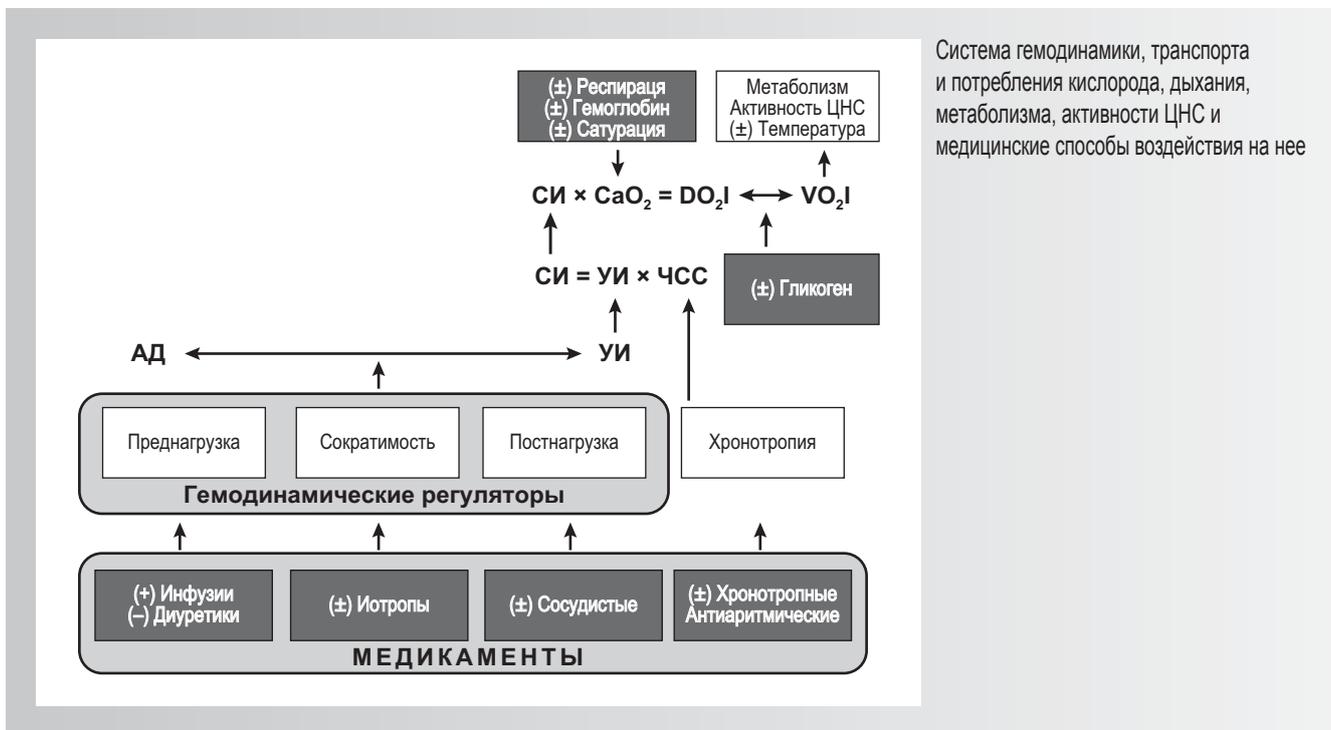
В-пятых, отсюда вытекает еще одна нерешенная задача мониторинга: отражать на дисплее для каждого конкретного пациента нормоволемию, нормоинотропию, нормовазотонию, нормохронотропию, нормомикроциркуляцию, нормоксию, нормозэнергогенез и величину отклонения характеризующих их показателей, информируя тем самым о дисбалансе системы.

Перечисленные недостатки медицинского аппаратного мониторинга отражают теоретическую слабость научных исследований и концепций, положенных в основу создаваемого до сих пор мониторингового оборудования.

**Цель исследования** – дать научное обоснование концепции многофункционального системного аппаратного мониторинга жизненно важных функций, которая совсем не освещена в доступной нам литературе, и представить прибор, отвечающий данной концепции.

#### **Материал и методы исследования**

Изучен мировой опыт создания аппаратов для медицинского мониторинга жизненно важных функций. Обобщена собственная работа авторов как медицинских консультантов в различных отечественных и зарубежных коллективах разработчиков и испытателей медицинского диагностического оборудования.



Система гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, дыхания, метаболизма, активности ЦНС и медицинские способы воздействия на нее

Представлен серийно выпускаемый отечественный аппарат «Система интегрального мониторинга «Симона 111» (в дальнейшем – Симона), созданный при нашем участии.

В 2008–2012 гг. с помощью Симоны было проведено обследование более 2400 больных в различных клиниках России. Мониторинг жизненно важных функций проводили у терапевтических пациентов, а также в периоперационном периоде у плановых и экстренных больных. В реанимации мониторинг применяли для диагностики нарушений гомеостаза и контроля эффективности ИТ, в том числе при всех видах шока у взрослых и у детей.

**Результаты исследования**

При конструировании новых мониторов, на наш взгляд, должен преобладать системный подход, основанный на физиологии и патофизиологии. Это означает, что гемодинамика, транспорт и потребление кислорода, а также дыхание, нервная система и метаболизм образуют единую систему поддержания гомеостаза, которая в результате постоянного взаимодействия ее элементов сохраняет свое существование и функционирует как единое целое. Графически эта система изображена на рисунке. Три гемодинамических регулятора: пред-

нагрузка, сократимость миокарда и постнагрузка, взаимодействуя друг с другом, с каждым ударом сердца формируют давление в сосудистом русле (АД) и кровотока (мы рассматриваем здесь индексированный кровоток – ударный индекс). В зависимости от величины УИ, а также уровней гемоглобина и SpO<sub>2</sub> хронотропный компенсатор (ЧСС – частота сердечных сокращений) старается обеспечить адекватный уровень перфузионного кровотока (СИ), чтобы поддерживать оптимальный баланс транспорта и потребления кислорода (DO<sub>2</sub>I и VO<sub>2</sub>I) в соответствии с уровнем метаболических потребностей организма и активности центральной нервной системы (ЦНС). В черные прямоугольники схемы вписаны медикаменты и другие способы воздействия на указанную систему.

Из рисунка понятно, что для полноценной оценки баланса/дисбаланса этой системы, назначения и подбора медикаментов, режимов вентиляции и питания мы непрерывно должны мониторировать, как минимум, все изображенные элементы.

Симона обеспечивает мониторинг всех указанных элементов системы, причем неинвазивно, воплощает принципы системного подхода и устраняет все вышеперечисленные недостатки существующего до сих пор мониторингового оборудования. Основными элементами конструкции яв-

## Сокращенный список показателей Симоны

№	Условное обозначение	Название	Единица измерения
<b>1. Показатели гемодинамики</b>			
1	DO <sub>2</sub> I	Индекс доставки кислорода	мл/мин/м <sup>2</sup>
2	CaO <sub>2</sub>	Содержание кислорода в артериальной крови	мл/100 мл
3	SpO <sub>2</sub>	Сатурация артериальной крови	%
4	ЧДД	Частота дыхательных движений	1/мин
5	СИ	Сердечный индекс	л/мин/м <sup>2</sup>
6	УИ	Ударный индекс	мл/уд/м <sup>2</sup>
7	ЧСС	Частота сердечных сокращений	1/мин
8	Адср	АД среднее	мм рт. ст.
9	Адс	АД систолическое	мм рт. ст.
10	Адд	АД диастолическое	мм рт. ст.
11	ИСМ	Индекс сократимости миокарда	1000/с
12	ИСИ	Индекс состояния инотропии	1/с <sup>2</sup>
13	ФВ	Фракция выброса левого желудочка	%
14	МИРЛЖ	Минутный индекс работы левого желудочка	кг×м/мин/м <sup>2</sup>
15	УИРЛЖ	Ударный индекс работы левого желудочка	г×м/уд/м <sup>2</sup>
16	КНМ	Коэффициент напряжения миокарда	у. е.
17	ИПСС	Индекс периферического сосудистого сопротивления	дин×с /см <sup>5</sup> /м <sup>2</sup>
18	ПИПСС	Пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления	10 <sup>-3</sup> ×дин×с /см <sup>5</sup> /м <sup>2</sup>
19	ЖГК	Жидкость грудной клетки	1000/ом
20	Пульс	Частота пульса	1/мин
21	ДП	Дефицит пульса	1/мин
22	ИНП	Индекс наполнения пульса	%
23	КДИ	Конечный диастолический индекс	мл/м <sup>2</sup>
24	КСИ	Конечный систолический индекс	мл/м <sup>2</sup>
25	РЕР	Время электрической систолы левого желудочка	мс
26	ВЕТ	Время механической систолы левого желудочка	мс
27	ВРПВ	Время распространения пульсовой волны	мс
28	ИСА	Индекс симпатической активности	у. е.
29	КР	Кардиальный резерв	у. е.
<b>2. Показатели процентного отклонения от нормы</b>			
30	ΔDO <sub>2</sub> I	Отклонение от нормы DO <sub>2</sub> I	±Δ%
31	ΔCaO <sub>2</sub>	Отклонение от нормы CaO <sub>2</sub>	±Δ%

## Сокращенный список показателей Симоны (продолжение)

№	Условное обозначение	Название	Единица измерения
32	$\Delta$ УИРЛЖ	Отклонение от нормы УИРЛЖ	$\pm\Delta\%$
33	$\Delta$ VO <sub>2</sub> I	Отклонение от нормы VO <sub>2</sub> I	$\pm\Delta\%$
34	$\Delta$ КДИ	Отклонение от нормы КДИ	$\pm\Delta\%$
35	$\Delta$ ИСМ	Отклонение от нормы ИСМ	$\pm\Delta\%$
36	$\Delta$ ИСИ	Отклонение от нормы ИСИ	$\pm\Delta\%$
37	$\Delta$ СИ	Отклонение от нормы СИ	$\pm\Delta\%$
38	$\Delta$ УИ	Отклонение от нормы УИ	$\pm\Delta\%$
39	ВОЛ	Отклонение от нормы волемического статуса	$\pm\Delta\%$
40	ИБ	Интегральный баланс	$\pm\Delta\%$
<b>3. Показатели температуры</b>			
41	T1	1-й температурный канал	°C
42	T2	2-й температурный канал	°C
43	$\Delta$ T	Разница температур 2-х каналов	$\Delta$ °C
<b>4. Показатели дыхания</b>			
44	MAP	Среднее давление в дыхательных путях	см вод. ст.
45	PIP	Пиковое давление на вдохе	см вод. ст.
46	PEEP	Положительное давление в конце выдоха	см вод. ст.
47	RES	Сопrotивление дыхательных путей	см вод. ст./л/с
48	Vt	Дыхательный объем	мл/дых
49	MV	Минутный объем дыхания	л/мин
50	RSBI	Индекс поверхностного дыхания	дых/мин/л
51	PIF	Максимальный поток на вдохе	л/мин
52	PEF	Максимальный поток на выдохе	л/мин
53	VTi	Объем вдоха	мл
54	VTe	Объем выдоха	мл
55	Ti	Время вдоха	мс
56	Te	Время выдоха	мс
57	VO <sub>2</sub> I	Индекс потребления O <sub>2</sub>	мл/мин/м <sup>2</sup>
58	VCO <sub>2</sub> I	Индекс продукции CO <sub>2</sub>	мл/мин/м <sup>2</sup>
59	ДК	Дыхательный коэффициент	у. е.
60	PiCO <sub>2</sub>	Давление CO <sub>2</sub> на вдохе	мм рт. ст.
61	PetCO <sub>2</sub>	Давление CO <sub>2</sub> в конце выдоха	мм рт. ст.
62	FiO <sub>2</sub>	Средняя концентрация O <sub>2</sub> на вдохе	%

**Сокращенный список показателей Симоны (окончание)**

№	Условное обозначение	Название	Единица измерения
63	FetO <sub>2</sub>	Концентрация O <sub>2</sub> в конце выдоха	%
<b>5. Показатели метаболизма</b>			
64	РЭ	Расход энергии (непрямая калориметрия)	ккал/сут
65	ЕОО	Основной обмен в условиях покоя	ккал/сут
66	ДЕОО	Должный расход энергии	ккал/сут
67	СПБ	Минимальная суточная потребность в белке	г/сут
68	РЭа	Расход энергии с учетом общего азота мочи	ккал/сут
69	РБ	Расход белков (непрямая калориметрия)	г/сут
70	РУ	Расход углеводов (непрямая калориметрия)	г/сут
71	РЖ	Расход жиров (непрямая калориметрия)	г/сут

**Осциллограммы, графики, номограммы и тренды Симоны**

№	Условное обозначение	Название
1	ЭКГ	Электрокардиограмма
2	ФПГ	Фотоплетизмограмма
3	РЕО	Реокардиограмма
6	ЭЭГ	Электроэнцефалограмма
7	ГКИ	Гистограмма кардиоинтервалов
8	КИГ	Кардиоинтервалограмма
9	КРГ	Корреляционная ритмограмма
10	Paw	График давления в дыхательных путях
11	V – Flow	Петля Объем/Поток (в дыхательном контуре)
12	Paw – V	Петля Давление/Объем (в дыхательном контуре)
13	O <sub>2</sub>	Оксиграмма
14	CO <sub>2</sub>	Капнограмма
15	<b>Тренды всех показателей и сохранение всех данных не менее 30 лет</b>	

ляются компьютер и электронно-измерительный блок с 9 измерительными каналами (линиями мониторинга):

- 1) реокардиограф;
- 2) электрокардиограф;
- 3) фотоплетизмограф + пульсоксиметр;
- 4) неинвазивное измерение АД;
- 5) температура тела (2 канала);

- 6) электроэнцефалограф;
- 7) газовый модуль (CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>);
- 8) модуль механики дыхания;
- 9) метабограф.

Даже сокращенный список показателей Симоны показывает уникальность предлагаемого аппарата, который по существу заменяет функциональную диагностическую лабораторию.

**Выводы**

Разработана концепция многофункционального системного аппаратного мониторинга жизненно важных функций, основанная на физиологии и патофизиологии. Эта концепция реализована в серийно выпускаемом отечественном аппаратно-программном комплексе «Система интегрального мониторинга «Симона 111». Показывая одновременно и непрерывно интегральную картину состояния гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, дыхания, ме-

таболизма, активности центральной и вегетативной нервной системы, Симона помогает выявить и разделить патологические и компенсаторно-приспособительные реакции при различной хирургической и терапевтической патологии. Это значительно расширяет наши возможности в диагностике и лечении всевозможных заболеваний и способствует осознанному выбору лечебных мероприятий. Симона является крупным достижением отечественного приборостроения и медицинской науки.

**Список литературы**

1. *Tremper K.K., Shoemaker W.C.* Transcutaneous oxygen monitoring of critically ill adults with and without low flow shock // *Crit. Care Med.* 1981. 9. 706–709.
2. *Bland R.D., Shoemaker W.C., Abraham E. et al.* Hemodynamic and oxygen transport patterns in surviving and nonsurviving postoperative patients // *Crit Care Med.* 1985. 13. 85–90.
3. *Shoemaker W.C., Appel P.L., Kram H.B.* Tissue oxygen debt as a determinant of lethal and nonlethal postoperative organ failure // *Crit Care Med.* 1988. 16. 1117.
4. *Shoemaker W.C., Appel P.L., Kram H.B.* Role of oxygen debt in the development of organ failure sepsis and death in high risk surgical patients // *Chest.* 1992. 102. 209.
5. *Bishop M.H., Shoemaker W.C., Appel P.L. et al.* Prospective, randomized trial of survivor values of cardiac index, oxygen delivery, and oxygen consumption as resuscitation endpoints in severe trauma // *J. Trauma.* 1995. 38, №5. 780–787.
6. *Pearse R., Dawson D., Fawcett J. et al.* Changes in central venous saturation after major surgery, and association with outcome // *Crit Care Med.* 2005. 9. R694–99.
7. *Зильбер А.П.* Медицина критических состояний. Кн. 1. Общие проблемы. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского университета, 1995. 360 с.
8. *Antonelli M., Levy M., Frenws P.J. et al.* Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference. Paris, France 27–28 April 2006 // *Int. Care Med.* 2007. 33. 575–590.
9. *Robin E.D.* The Cult of Swan-Ganz Catheter // *Int. Crit. Care Digest.* 1986. 1. 18.
10. *Bland J.M., Altman D.G.* Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurements // *Lancet.* 1986. 8. 307.
11. *Sakka S.G., Meiere-Hellmann A., Reinhart K.* Assessment of cardiac preload and extravascular lung water by single transpulmonary thermodilution // *Int. Care Med.* 2000. 26, №2. 180–187.
12. *Darovic G.O.* Hemodynamic Monitoring: Invasive and Noninvasive Clinical Application. USA, 2002. 676 p.
13. *Marik P.E., Baram M.* Noninvasive Hemodynamic Monitoring // *Int. Care Unit. Crit Care Clinics.* 2007. 23, №3. 383–400.
14. *Sramek B.B.* Hemodynamics and its role in oxygen transport. Biomechanics of the Cardiovascular System. Czech. Techn. Univ. Press, 1995. 209–231.

**Авторы****Контактное лицо:****АНТОНОВ****Александр Александрович**

моб. тел. +7-985-411-3301, sym111@mail.ru

**БУРОВ****Николай Евгеньевич**

моб. тел. +7-903-506-2835, xenon@yauza.ru