

СИСТЕМНЫЙ АППАРАТНЫЙ МОНИТОРИНГ

(физиологические аспекты)

А.А.Антонов, Н.Е.Буров. Вестник интенсивной терапии. 2010;3:8-12.

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ГОУ ДПО РМАПО. Москва

Введение

Медицина критических состояний 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 её элементов, поддерживает свое существование и функционирует как единое целое.

Мониторинг гемодинамики является важнейшим компонентом многофункционального аппаратного мониторинга. Но 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 изменились 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 сам 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 ещё 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. Такое 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 её критическое изменение.

В-третьих, большинство клинических заключений основано только на данных артериального давления (АД), электрокардиографии, пульса и фотоплетизмографии (сатурации артериальной крови - SpO₂). 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: УИРЛЖ – ударный индекс работы левого желудочка, отражающий суммарный баланс преднагрузки и сократимости; СИ – сердечный индекс, характеризующий объем перфузионного кровотока; DO₂I – индекс доставки кислорода; VO₂I – индекс потребления кислорода [1-6]. Не случайно в качестве

биологического эквивалента клинического термина «шок» - одного из самых распространенных критических состояний - используется термин «дизоксия» (диз- или дис-, греч., сложность с, нарушение), когда наблюдаются гиповолемиа, гипоинотропия, гипомикроциркуляция, ведущие к снижению доставки и потребления кислорода [7,8]. Врач ОРИТ (отделение реанимации и интенсивной терапии) 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 медикаментозного 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, дезинотропию, 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 может быть нормальное АД и нормальный систолический выброс. Когда затем терапевтическими мерами добиваются нормохронотропии, то получают адекватный перфузионный кровоток. Только при хорошей перфузии (нормомикроциркуляции) и оптимальном снабжении тканей кислородом можно ожидать нормальные VO_2I 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, нормоэнергогенез и величину отклонения характеризующих их показателей, информируя тем самым о дисбалансе системы.

Перечисленные недостатки медицинского аппаратного мониторинга являются отражением теоретической слабости научных исследований и концепций, положенных в основу создаваемого до сих пор мониторного оборудования.

Цель исследования

Дать научное обоснование концепции системного аппаратного мониторинга жизненно важных функций, которая совсем не освещена в доступной нам литературе, и представить прибор, отвечающий данной концепции.

Материалы и методы

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.

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

В 2008-2010 годах с помощью Симоны проведено исследование 917 больных в различных клиниках России. Мониторинг жизненно важных функций проводился в периоперационном периоде у плановых и экстренных больных, а также у терапевтических пациентов. В реанимации мониторинг применялся для диагностики нарушений гомеостаза и контроля эффективности ИТ, в том числе при всех видах шока как у взрослых, так и у детей. Результаты этих клинических исследований будут представлены в серии статей при последующих публикациях.

Результаты

При конструировании новых мониторов, на наш взгляд, должен преобладать системный подход, основанный на физиологии и патофизиологии. Это означает, что гемодинамика, транспорт и потребление кислорода, дыхание, нервная система и метаболизм образуют единую систему поддержания гомеостаза, которая, в результате постоянного взаимодействия её элементов, сохраняет свое существование и функционирует как единое целое. Графически эта система изображена на рисунке 1. Три гемодинамических регулятора: преднагрузка, сократимость миокарда и постнагрузка, - взаимодействуя друг с другом, с каждым ударом сердца формируют давление в сосудистом русле (АД) и кровоток (мы рассматриваем здесь индексированный кровоток–УИ–ударный индекс). В зависимости от величины УИ, а также уровней гемоглобина и

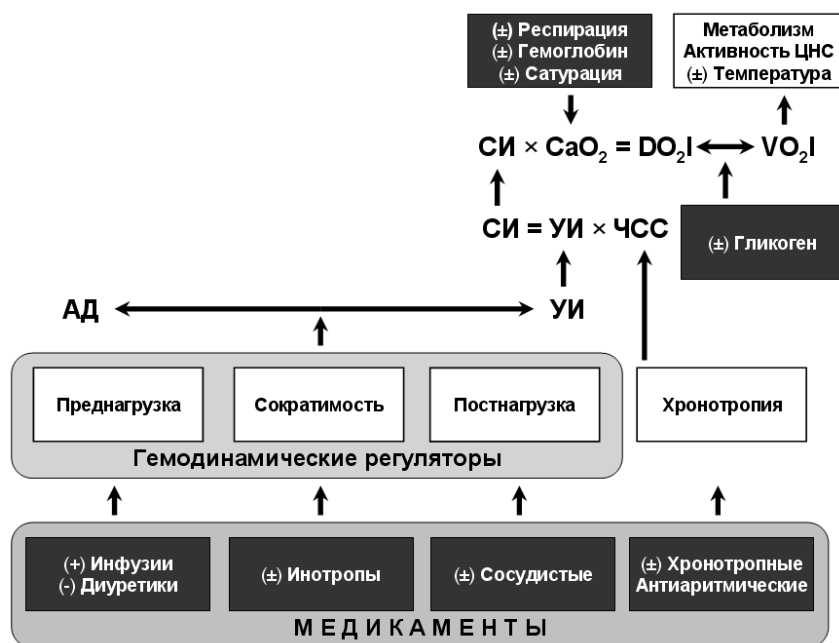


Рисунок 1. Система гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, дыхания, метаболизма, активности ЦНС и медицинские способы воздействия на неё.

SpO₂, хронотропный компенсатор (ЧСС – частота сердечных сокращений) старается обеспечить адекватный уровень перфузионного кровотока (СИ), чтобы поддерживать оптимальный баланс

транспорта и потребления кислорода (DO_2I и VO_2I) 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 являются компьютер и электронно-измерительный блок с 9-ю 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_2+O_2),
8. Модуль механики дыхания,
9. Метабологграф.

Сокращенный список показателей Симоны

№	Условное обозначение	Название	Единица измерения
1. Показатели гемодинамики			
1.	DO_2I	Индекс доставки кислорода	мл/мин/ m^2
2.	CaO_2	Содержание кислорода в артериальной крови	мл/100мл
3.	SpO_2	Сатурация артериальной крови	%
4.	ЧДД	Частота дыхательных движений	1/мин
5.	СИ	Сердечный индекс	л/мин/ m^2
6.	УИ	Ударный индекс	мл/уд/ m^2
7.	ЧСС	Частота сердечных сокращений	1/мин
8.	АДср	АД среднее	мм Hg
9.	АДс	АД систолическое	мм Hg
10.	АДд	АД диастолическое	мм Hg
11.	ИСМ	Индекс сократимости миокарда	1000/сек
12.	ИСИ	Индекс состояния инотропии	1/сек ²
13.	ФВ	Фракция выброса левого желудочка	%
14.	МИРЛЖ	Минутный индекс работы левого желудочка	кг*м/мин/ m^2
15.	УИРЛЖ	Ударный индекс работы левого желудочка	г*м/уд/ m^2
16.	КНМ	Коэффициент напряжения миокарда	у.е.
17.	ИПСС	Индекс периферического сосудистого сопротивления	дин*сек/ cm^5/m^2
18.	ПИПСС	Пульсовой индекс перифер. сосудистого сопротивления	10^{-3} *дин*сек/ cm^5/m^2
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 ²
24.	КСИ	Конечный систолический индекс	мл/м ²
25.	РЕР	Время электрической систолы левого желудочка	мсек
26.	ВЕТ	Время механической систолы левого желудочка	мсек
27.	ВРПВ	Время распространения пульсовой волны	мсек
28.	ИСА	Индекс симпатической активности	у.е.
29.	КР	Кардиальный резерв	у.е.
2. Показатели процентного отклонения от нормы			
30.	ΔDO ₂ I	Отклонение от нормы DO ₂ I	±Δ%
31.	ΔCaO ₂	Отклонение от нормы CaO ₂	±Δ%
32.	ΔУИРЛЖ	Отклонение от нормы УИРЛЖ	±Δ%
33.	ΔVO ₂ I	Отклонение от нормы VO ₂ I	±Δ%
34.	ΔКДИ	Отклонение от нормы КДИ	±Δ%
35.	ΔИСМ	Отклонение от нормы ИСМ	±Δ%
36.	ΔИСИ	Отклонение от нормы ИСИ	±Δ%
37.	ΔСИ	Отклонение от нормы СИ	±Δ%
38.	ΔУИ	Отклонение от нормы УИ	±Δ%
39.	ВОЛ	Отклонение от нормы волемического статуса	±Δ%
40.	ИБ	Интегральный баланс	±Δ%
3. Показатели температуры			
41.	T1	1-й температурный канал	°С
42.	T2	2-й температурный канал	°С
43.	ΔТ	Разница температур 2-х каналов	Δ°С
4. Показатели дыхания			
44.	MAP	Среднее давление в дыхательных путях	смH ₂ O
45.	PIP	Пиковое давление на вдохе	смH ₂ O
46.	PEEP	Положительное давление в конце выдоха	смH ₂ O
47.	RES	Сопrotивление дыхательных путей	смH ₂ O/л/сек
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	мсек
56.	Te	Время выдоха	мсек
57.	VO ₂ I	Индекс потребления O ₂	мл/мин/м ²
58.	VCO ₂ I	Индекс продукции CO ₂	мл/мин/м ²
59.	ДК	Дыхательный коэффициент	у.е.
60.	PiCO ₂	Давление CO ₂ на вдохе	мм Hg
61.	PetCO ₂	Давление CO ₂ в конце выдоха	мм Hg
62.	FiO ₂	Средняя концентрация O ₂ на вдохе	%
63.	FetO ₂	Концентрация O ₂ в конце выдоха	%
5. Показатели метаболизма			
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 ₂	Оксиграмма
14	CO ₂	Капнограмма
15	Тренды всех показателей и сохранение всех данных не менее 10 лет	

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

Выводы

Разработана концепция 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 и активности ЦНС, 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.

Литература

1. Tremper K.K., Shoemaker W.C. Transcutaneous oxygen monitoring of critically ill adults with and without low flow shock. Crit Care Med. 1981;9:706-9.
2. Bland R.D., Shoemaker W.C., Abraham E., Cobo J. 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):780-7.
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. Книга 1 - Общие проблемы.-Петрозаводск: Издательство Петрозаводского университета, 1995.-360 с.
8. Antonelli M., Levy M., Frews P.J., et al. Hemodynamic monitoring in shock and implications for management. International Consensus Conference, Paris, France 27-28 April 2006. *Intensive Care Med*. 2007;33:575-590.
9. Robin E.D. The Cult of Swan-Ganz Catheter. *Intens (Crit. Care Digest)*. 1986;1:18.
10. Bland J.M., Altman D.G. Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurements. *The Lancet*. 1986;8:307.
11. Sakka SG, Meiere-Hellmann A, Reinhart K. Assessment of cardiac preload and extravascular lung water by single transpulmonary thermodilution. *Intensive Care Med*. 2000;26(2):180-7.
12. Darovic G.O. Hemodynamic Monitoring: Invasive and Noninvasive Clinical Application. 3-d edition. USA, 2002.-676 p.
13. Marik P.E., Baram M. Noninvasive Hemodynamic Monitoring in the Intensive 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 Technical University Press, 1995, 209-231.