

# «Симона 111» – самый информативный метаболограф в мире

(информация из руководства по эксплуатации)

## Мониторинг метаболизма (непрямая калориметрия)

Непрямая калориметрия (метаболический мониторинг, метаболография) - метод оценки текущей энергопотребности пациента и метаболизма нутриентов, основанный на одновременном измерении показателей потребления кислорода ( $VO_2$ ) и экскреции углекислоты ( $VCO_2$ ) в условиях спонтанного или аппаратного дыхания.

Цели метаболографии:

- точное определение энергетической потребности пациента для выбора режима нутритивной поддержки;
- определение величины дыхательного коэффициента (ДК) для обеспечения потребностей пациента в макронутриентах и контроля скорости утилизации нутриентов;
- оценка изменений метаболических потребностей, связанных с изменением метаболизма и седации пациента;
- оценка энергетической цены дыхания для выбора оптимального режима респираторной поддержки;
- оценка изменений поглощения кислорода и элиминации углекислого газа в легких, связанных с изменением эффективной поверхности альвеоло-капиллярной диффузии, для выбора оптимального уровня положительного конечного экспираторного давления (РЕЕР).

Измерение основного обмена при помощи метаболографа у тяжелых пациентов более точно, чем использование расчетных уравнений, и позволяет избежать как гипер-, так и гипоалиментации, а также определить показания к добавочному парентеральному питанию или, наоборот, избежать лишнего назначения парентерального питания.

Система мониторирует следующие показатели метаболизма:

№	Условное обозначение	Название	Единица измерения
1	РЭ	Расход энергии (непрямая калориметрия)	ккал/сут
2	РЭ/кг	Расход энергии на ед. массы тела	ккал/кг/сут
3	РЭ/час	Расход энергии в час	ккал/час
4	РЭ/мин	Расход энергии в минуту	ккал/мин
5	РЭ/ппт	Суточный расход энергии на ед. площади тела	ккал/м <sup>2</sup> /сут
6	ЕОО	Основной обмен в условиях покоя	ккал/сут
7	ДЕОО	Должный расход энергии	ккал/сут
8	ДЕОО/кг	Должный расход энергии на ед. массы тела	ккал/кг/сут
9	СПБ	Минимальная суточная потребность в белке	г/сут
10	Амоч	Общий азот суточной мочи	г/сут
11	РЭа	Расход энергии с учетом азота мочи	ккал/сут
12	РЭа/кг	Расход энергии с учетом азота мочи на ед. массы тела	ккал/кг/сут

13	РБ	Расход белков в сутки	г/сут
14	РУ	Расход углеводов в сутки	г/сут
15	РЖ	Расход жиров в сутки	г/сут
16	РБ%	Суточный расход белков	%
17	РУ%	Суточный расход углеводов	%
18	РЖ%	Суточный расход жиров	%
19	РБ/кг	Расход белков на ед. массы тела в сутки	г/кг/сут
20	РУ/кг	Расход углеводов на ед. массы тела в сутки	г/кг/сут
21	РЖ/кг	Расход жиров на ед. массы тела в сутки	г/кг/сут
22	РЭБ	Расход энергии белков	ккал/сут
23	РЭУ	Расход энергии углеводов	ккал/сут
24	РЭЖ	Расход энергии жиров	ккал/сут
25	РЭБ/кг	Расход энергии белков на ед. массы тела в сутки	ккал/кг/сут
26	РЭУ/кг	Расход энергии углеводов на ед. массы тела в сутки	ккал/кг/сут
27	РЭЖ/кг	Расход энергии жиров на ед. массы тела в сутки	ккал/кг/сут
28	O <sub>2</sub> exp	Объем кислорода, выдыхаемый за 1 выдох	Мл
29	CO <sub>2</sub> exp	Объем углекислого газа, выдыхаемый за 1 выдох	Мл
30	ВЭО <sub>2</sub>	Вентиляционный эквивалент O <sub>2</sub>	отн.ед.
31	ВЭСО <sub>2</sub>	Вентиляционный эквивалент CO <sub>2</sub>	отн.ед.
32	КП	Кислородный пульс	мл/уд
33	КП/кг	Кислородный пульс на ед. массы тела	мл/уд/кг
34	КП/ппт	Кислородный пульс на ед. площади тела	мл/уд/м <sup>2</sup>
35	VO <sub>2</sub> /кг	Потребление кислорода на ед. массы тела	мл/мин/кг
36	КИО <sub>2</sub>	Коэффициент использования кислорода	мл/л
37	ИМТ	Индекс массы тела	кг/м <sup>2</sup>

Полноценная работа метаболога (максимальное количество показателей метаболизма) возможна только при использовании мониторинга дыхания и мониторинга гемодинамики.

Система мониторирует следующие показатели дыхания:

№	Обозначение	Показатель
1	MAP	Среднее давление в дыхательных путях
2	PIP	Пиковое давление на вдохе
3	PEEP	Положительное давление в конце выдоха
4	Pplat	Давление плато
5	RES	Сопrotивление дыхательных путей
6	RR <sub>raw</sub>	Частота дыхательных движений от модуля механики дыхания
7	RR <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Частота дыхательных движений от газового модуля
8	Vt	Дыхательный объем
9	MV	Минутный объем дыхания
10	RSBI	Индекс поверхностного дыхания
11	PIF	Максимальный поток на вдохе
12	PEF	Максимальный поток на выдохе
13	VTi	Объем вдоха
14	VTe	Объем выдоха
15	Ti	Время вдоха
16	Te	Время выдоха
17	Ti/Te	Соотношение времени Вдох/Выдох
18	VO <sub>2</sub>	Потребление O <sub>2</sub>
19	VO <sub>2</sub> I <sub>газ</sub>	Индекс потребления O <sub>2</sub> от МД и ГМ
20	VCO <sub>2</sub>	Продукция CO <sub>2</sub>
21	VCO <sub>2</sub> I	Индекс продукции CO <sub>2</sub>
22	ДК	Дыхательный коэффициент

23	PetCO <sub>2</sub>	Давление CO <sub>2</sub> в конце выдоха
24	FetCO <sub>2</sub>	Концентрация CO <sub>2</sub> в конце выдоха
25	FiO <sub>2</sub>	Средняя концентрация O <sub>2</sub> на вдохе
26	FetO <sub>2</sub>	Концентрация O <sub>2</sub> в конце выдоха
27	FiCO <sub>2</sub>	Средняя концентрация CO <sub>2</sub> на вдохе

Показатели дыхания могут быть изображены в виде числовых значений (Экран 1), трендов (Экран 3) и стандартных графиков (Экран 2):

№	Обозначение	Название
1	Paw	Давление в дыхательных путях
2	CO <sub>2</sub>	Капнограмма (15 сек.)
3	V – Flow	Петля Объем/Поток
4	Paw – V	Петля Давление/Объем
5	CO <sub>2</sub>	Тренд Капнограммы (10 мин.)
6	O <sub>2</sub>	Тренд Оксиграммы (10 мин.)

Мониторинг метаболизма требует подключения газового модуля и модуля механики дыхания. При этом пациент может дышать самостоятельно воздухом через маску или находиться на аппаратном дыхании (ИВЛ).

#### **Показания к проведению непрямой калориметрии.**

В соответствии с рекомендациями Комитета по непрямой калориметрии Европейского Общества клинического питания и Метаболизма (ESPEN), а также Американского Общества Респираторной терапии, показания к применению непрямой калориметрии у пациентов на продленной ИВЛ могут быть разделены на две группы: респираторные и нереспираторные.

Респираторные показания:

- Неудачное отлучение от ИВЛ.
- Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС).
- Глубокая (длительная) седация и анальгезия.
- Миоплегия.
- Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) как причина острой дыхательной недостаточности.
- Необходимость оценки потребления кислорода.
- Оценка причины гиперпноэ и высокого минутного объема дыхания.

Нереспираторные показания:

- Острая церебральная недостаточность как причина критического состояния.
- Сепсис.
- Стойкая гипоальбуминемия (гипопротеинемия) на фоне эмпирически проводимой нутритивной поддержки.
- Отсутствие эффекта от эмпирически проводимой нутритивной поддержки.
- Ожирение тяжелой степени (ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>).
- Пациент с ампутированной конечностью.
- Расчет энергетической цены дыхания при сложном отлучении от вентилятора.

- Измерение сердечного выброса методом Фика.
- Оценка глубины седации.
- Оценка вентиляционно-перфузионных отношений в легких на основе динамики поглощения кислорода и выделения углекислого газа при изменении параметров ИВЛ.

Для оценки преобладания метаболизма тех или иных нутриентов используют дыхательный коэффициент (ДК), который рассчитывают как соотношение  $VCO_2/VO_2$ .

Значения дыхательного коэффициента (ДК) при различных метаболических процессах:

<b>ДК</b>	<b>Заключение</b>
1-1,3	Преобладает липонеогенез
1,00-0,85	Преобладает окисление углеводов
0,84-0,71	Преобладает окисление липидов
0,85	Смешанное потребление углеводов и липидов
0,65-0,7	Метаболизм кетоновых тел
<0,65	Нестабильность/гипервентиляция/метаболизм кетоновых тел
>1,3	Нестабильность/гипервентиляция

Практическое использование показателя ДК для изменения проводимой нутритивной терапии (скорости и состава, подавления гиперметаболизма и т.п.) затруднено в силу того, что потребление кислорода и выделение углекислого газа организмом зависит от многочисленных факторов и этим показателям свойственна значительная вариабельность.

Получение рафинированных («истинных») значений  $VO_2$ ,  $VCO_2$  и ДК возможно лишь при соблюдении широкого ряда условий:

- стабильность дыхательного объема и частоты дыхательных движений, а также ключевых показателей гемодинамики,
- неиспользование, либо неизменные скорости введения инотропов и вазопрессоров, бета-блокаторов, седативных препаратов,
- постоянная скорость и концентрация энтерального и парентерального питания, темпа инфузионной терапии,
- стабильная температура тела,
- отсутствие выраженного болевого синдрома.

### **Факторы, ограничивающие проведение метаболографии.**

Респираторные факторы:

- негерметичный дыхательный контур;
- бронхоплевральная фистула или трахеопищеводный свищ;
- инспираторная концентрация кислорода ( $FiO_2$ ) 60% и более;
- частая смена  $FiO_2$ ;
- уровень РЕЕР, приводящий к перераздуванию альвеол (обычно выше 14 мбар);

- изменение уровня функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ);
- менее 90 мин после смены режима ИВЛ;
- невозможность разделить инспираторный и экспираторный газ из-за базового потока триггерной системы вентилятора;
- поток газа в дыхательном контуре превышает поток газа внутри метабологафа;
- наличие системы увлажнения (увлажнителя);
- неправильная калибровка метабологафа;
- внутренняя утечка метабологафа;
- короткий период измерения;
- пары воды на сенсоре.

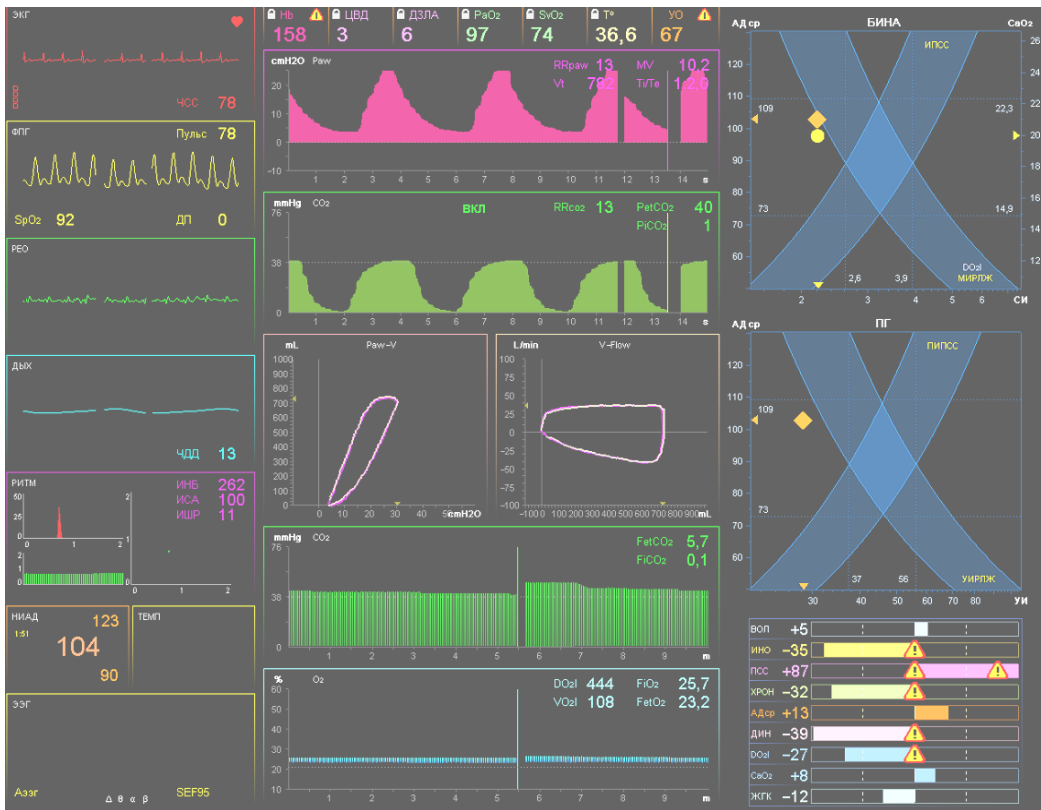
#### Нереспираторные факторы:

- инвазивные манипуляции или методы лечебной физкультуры перед измерением;
- процедура заместительной почечной терапии (гемодиализ, перитонеальный диализ), законченная менее чем за 3-4 часа до измерений;
- экстракорпоральная мембранная оксигенация;
- тяжелая артериальная гипоксемия;
- брадикардия.

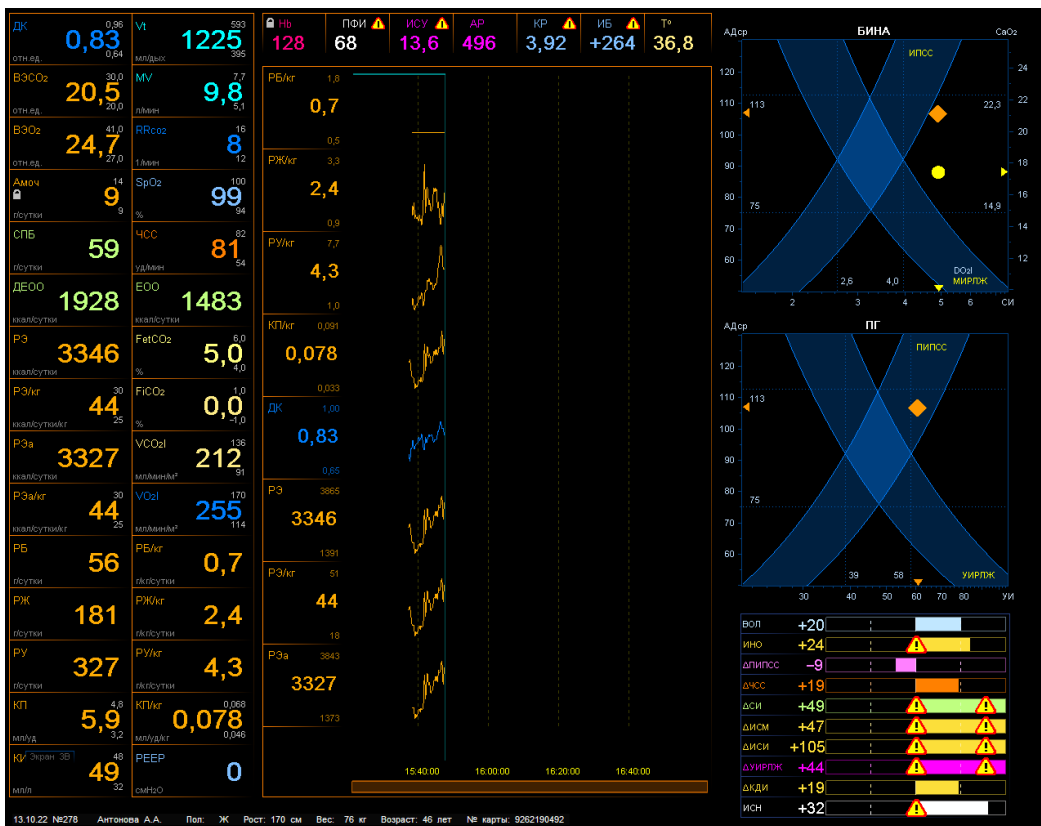
#### Особенности проведения метабологграфии в условиях длительной ИВЛ.

- период метаболического равновесия (стабильное состояние — «steady state»), при котором изменения  $VO_2$  и  $VCO_2$  в течение 5 мин. не превышают 10% или коэффициент вариации для обеих величин не превышает 5%;
- проведение измерений (теста) в течение определенного временного периода (не менее 25 мин) с оценкой интегрального показателя;
- проведение измерений в утренние часы и повторно через 8-12 часов повышает точность измерений и корректность интерпретации результатов;
- величина дыхательного коэффициента (ДК) более 1,3 и менее 0,65 является критерием некорректности измерений;
- стабильный паттерн дыхания пациента - важное условие корректности измерений;
- данные метабологграфии позволяют предотвратить как гипералиментацию, так и гипокалорический вариант нутритивной поддержки. И гипер-, и гипоалиментация приводят к увеличению осложнений, длительности ИВЛ и продолжительности лечения в ОРИТ; может быть проведена коррекция скорости и объема вводимой глюкозы (углеводов).

Значения показателей дыхания и метаболизма и можно наблюдать на Экране 2 и Экране 3:



Экран 2. Мониторинг дыхания.



Экран 3. Метаболизм+Тренды+Гемодинамика.