



# Мониторинг метаболизма у больных в критических состояниях

М.В. Петрова, А.В. Бутров, Ш.Д. Бихарри, М.Н. Сторчай

Адрес для переписки: Марина Владимировна Петрова, petrovamv@mail.ru

*Особенностью метаболического ответа у больного в критическом состоянии является наличие синдрома гиперметаболизма – гиперкатаболизма. Для компенсации белковых и энергетических потерь необходимо планировать нутритивно-метаболическую терапию в соответствии с показателями непрямой калориметрии и среднесуточной экскреции азота. У больных в критическом состоянии целесообразно использовать гипернитрогенные смеси, позволяющие избежать гипералиментации и улучшающие результаты лечения больного в критическом состоянии.*

**Ключевые слова:** *непрямая калориметрия, гипернитрогенные питательные смеси, синдром гиперметаболизма, расход энергии покоя, критическое состояние, нутритивно-метаболическая терапия*

## Введение

Критическое состояние в современной медицинской практике определяется как крайняя степень любой, в том числе ятрогенной, патологии, при которой требуется искусственное замещение или поддержка жизненно важных функций.

Особенностью метаболического ответа у больного в критическом состоянии является наличие синдрома гиперметаболизма – гиперкатаболизма, то есть повышенный расход углеводов, жиров, аминокислот как энергетических субстратов. Физиологически этот синдром характеризуется значительным возрастанием потреб-

ления кислорода и продукции углекислого газа, повышением потерь азота с мочой и первичным снижением антиинфекционной резистентности, в том числе к собственной микрофлоре.

По данным иностранных и отечественных авторов, именно суточные потери азота с мочой являются основным показателем оценки выраженности катаболической реакции. Этот показатель используется для определения необходимого количества белка при планировании нутритивно-метаболической терапии [1, 2]. В свою очередь измерение потребления кислорода и расчет энергетических затрат у больных в кри-

тическом состоянии до сих пор производятся для того, чтобы рационально провести респираторную поддержку и своевременного отлучить больного от респиратора [3–5]. Вопрос информативности показателей метаболизма (потребление кислорода, выделение углекислого газа, расход энергии покоя) для количественного и качественного определения состава питательной смеси у больных в критическом состоянии остается открытым.

В настоящее время успешное лечение больного в критическом состоянии не утопично. Широко применяются современные методы инфузионной, антиагрегантной, тромболизисной, нейропротективной и реабилитационной терапии. Однако только рациональная нутритивно-метаболическая терапия может предупредить и устранить прогрессирование нутритивной недостаточности – неотъемлемой составляющей критического состояния [6, 7]. Например, в критических условиях посттравматического гиперметаболизма скорость потери массы тела выше, чем в условиях обычного голодания, когда потеря составляет до 10% массы тела. Посттравматический гиперметаболизм и его осложнения сопровождаются потерей 20–40% массы тела, что зна-



чительно увеличивает частоту летальных исходов и длительность пребывания больного в стационаре [6, 8]. Кроме того, резко возрастает вероятность развития инфекционных осложнений [9–12]. Суточные потери азота с мочой при деструктивном панкреатите могут значительно превышать нормальный уровень, составляя 10–11 г/сут при отечном панкреатите и достигая 20–25 г/сут на фоне распространенных гнойных осложнений [13–15].

Таким образом, факт необходимости коррекции нутритивной недостаточности у больного в критическом состоянии в настоящее время не вызывает сомнений. В европейских и американских методических рекомендациях изложен единый подход к проблеме с соблюдением национальных и международных руководящих принципов, представлен обзор и анализ соответствующей текущей литературы, приведены экспертные заключения и клинические примеры. Однако есть и некоторые противоречия, в частности, измерять суточную энергопотребность в условиях стрессовых состояний методом непрямой калориметрии или с помощью специальных формул [16, 17]. Для определения расхода энергии покоя в клинической практике чаще всего используют стандартные уравнения Харриса – Бенедикта, Оуена и др.

Более точно измерить энергопотребности можно с помощью метода непрямой калориметрии, применение которого во многих странах в отделениях интенсивной терапии давно является рутинной процедурой. Расход энергии рассчитывается как количество кислорода, потребленное организмом за определенное время, и количество углекислого газа, выделенное за это же время. Поскольку выделение энергии происходит в результате окисления веществ до конечных продуктов (углекислого газа, воды и аммиака), то между количеством потребленного кислорода, выделенной энергией и углекислым газом существует взаимосвязь. Зная

Таблица. Ключевые слова, символы и нормативы непрямой калориметрии

Значение	Символ	Нормальное значение
Потребление кислорода	VO <sub>2</sub>	250 мл/мин (3,6 мл/мин/кг)
Выделение углекислого газа	VCO <sub>2</sub>	200 мл/мин (2,9 мл/мин/кг)
Респираторный коэффициент	RQ	0,65–1,25
Расход энергии	EE	Зависит от состояния
Расход энергии покоя	REE	1400–1600 ккал/24 (20–22 ккал/кг)

показания газообмена и калорический коэффициент кислорода, можно рассчитать расход энергии покоя и расход энергии в реальном времени (табл.). Расход энергии покоя, как правило, включает 60–75% от полного ежедневного калоража. При измерении энергопотребности методом непрямой калориметрии в течение 30–60 минут можно определить суточный расход энергии с минимальной погрешностью в 1–5% [18].

В условиях отделения реанимации и интенсивной терапии больной не может быть метаболически стабильным, так как воздействие разнонаправленных факторов на фоне нестабильной гемодинамики и искусственная вентиляция легких требуют различных, трудно прогнозируемых затрат как энергии, так и белкового субстрата. Именно поэтому в повседневной практике представляется целесообразным суточное измерение энергопотребности у таких больных методом непрямой калориметрии [6, 19]. Однако реальная обстановка в российских лечебно-профилактических учреждениях такова, что планирование нутритивной терапии больным в критическом состоянии производится чаще всего или без учета реальных потребностей, или по расчетным потребностям в энергии на килограмм массы тела, реже по уравнению Харриса – Бенедикта (СкМТ):

$655,1 + 9,6 \times \text{масса тела (кг)} + 1,85 \times \text{рост (см)} - 4,68 \times \text{возраст (лет)}$ .

Метод непрямой калориметрии для рационального выбора фармаконутриентов применяется лишь в единичных клиниках и федеральных центрах.

В условиях достаточного обеспечения многих отделений реанимации как энтеральными, так и парентеральными питательными смесями наблюдается характерная для последнего времени тенденция: синдром гипералиментации, проявляющийся уреимией, метаболическим ацидозом, гипергликемией и инсулинорезистентностью, стеатозом печени, гиперкапнией и диареей. Возникают вопросы: так ли необходим больному высокий калораж? Как быть с большими потерями белка? Какого соотношения белковых и небелковых калорий необходимо придерживаться?

Работы по изучению белкового и энергетического питания у больных в критическом состоянии, находящихся на искусственной вентиляции легких, показали, что целевое обеспечение больных энергией и белком (около 1,2 г/кг) во время искусственной вентиляции легких позволило снизить 28-дневную летальность на 50%, в то время как целевое обеспечение только энергией к такому результату не привело [6, 14, 19–22].

Целесообразность применения непрямой калориметрии для планирования нутритивной поддержки явилось целью нашего собственного исследования.

Целесообразность применения непрямой калориметрии для планирования нутритивной поддержки явилось целью нашего собственного исследования.

### Материал и методы исследования

В исследовательскую группу вошли 30 больных (средний возраст  $67 \pm 6$  лет), находившихся в отделении общей реанимации городской клинической больницы № 64 г. Москвы. Пациенты были госпитализированы с внебольничной пневмонией, острой дыхательной недостаточностью, гипергликемической комой, коморбидными состояниями,



желудочно-кишечными кровотечениями, панкреонекрозом. Во всех случаях осуществлялся мониторинг метаболизма в течение суток: определяли потребление кислорода, выделение углекислого газа, респираторный коэффициент, расход энергии, контролировали потери белка в суточной моче. Кроме того, рассчитывали величину основного обмена, используя уравнение Харриса – Бенедикта.

Контрольную группу составили 30 больных, наблюдавшихся в том же отделении общей реанимации. Для мониторинга метаболизма в этой группе метод непрямой калориметрии не применялся.

По полу, возрасту, диагнозам, тяжести состояния пациенты в группах существенно не различались. У всех больных имела место органная дисфункция, которая определялась по шкале оценки органной недостаточности (Sequential Organ Failure Assessment – SOFA): в среднем  $5,2 \pm 1,4$  балла в исследовательской и  $5,4 \pm 0,8$  балла в контрольной группе.

Всем пациентам, включенным в исследование, проводилась комплексная интенсивная терапия в соответствии с принятыми клиническими рекомендациями лечения основной патологии. Нутритивная терапия осуществлялась преимущественно энтеральным путем. Питательная смесь вводилась энтерально-зондовым способом. Эффективность терапии оценивалась по показателям трофологического статуса, срокам проведения искусственной вентиляции легких и длительности пребывания пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии.

### Результаты исследования и их обсуждение

В контрольной группе при планировании нутритивно-метаболической терапии учитывались показатели уравнения Харриса – Бенедикта и данные мониторинга азотистых суточных потерь. Энергопотребности у больных контрольной группы составили в среднем  $2340 \pm 250$  ккал/сут,

потери белка с мочой –  $86 \pm 4,3$  г/сут. Компенсация энергетических потерь осуществлялась энтеральными нормокалорическими или гиперкалорическими смесями (Нутризон и Нутризон Энергия с пищевыми волокнами) в объеме до двух литров для достижения целевых значений белка и энергии.

В исследовательской группе нутритивно-метаболическая терапия началась больным с учетом среднесуточных показателей непрямой калориметрии. Энергопотребности в этой группе по данным непрямой калориметрии были достоверно ниже ( $1630 \pm 200$  ккал/сут), потери белка с мочой в среднем составили  $90 \pm 5,6$  г/сут. Компенсация потерь осуществлялась гипернитрогенными смесями. Стартовая потребность в белке –  $2,0$  г/кг/сут, далее по результатам мониторинга потеря азота в суточной моче. Получение необходимого повышенного количества белка обеспечивалось смесью Нутризон Эдванст Протизон.

В ходе лечения пациенты в исследовательской и контрольной группах получали в среднем одинаковое количество белка ( $1,8 \pm 0,2$  г/кг/сут) при существенной разнице соотношения азота к небелковым калориям (в исследовательской группе  $1 : 83,7$ ; в контрольной группе –  $1 : 152,3$ ).

На пятые сутки пребывания в отделении общей реанимации у большинства больных исследовательской группы удалось достичь удовлетворительных показателей уровня трансферрина и альбумина, в то время как в контрольной группе данные показатели приближались к норме у большинства больных на восьмые-девятые сутки. Похожие изменения отмечены и в показателях азотистого баланса: в исследовательской группе они приобрели положительные значения на пятые сутки, а в контрольной группе оставались отрицательными.

В контрольной группе у 24 (70%) больных отмечалась стойкая гипергликемия, потребовавшая постоянной инфузии инсулина,

в исследовательской группе гипергликемия отмечалась только у больных с исходным сахарным диабетом и была легко управляема. Подобные различия определили достоверную разницу в показателях сроков проведения искусственной вентиляции легких (5,8 против 11,5 дней) и сроков пребывания пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии (24,38 и 45,75 дней). Летальность в группах составила соответственно 2,8 и 4,6%. Разница достоверна.

### Выводы

Больные в критическом состоянии метаболически нестабильны. Установить точные энергопотребности пациента позволяет ежедневное использование метода непрямой калориметрии. Однако при определении расхода энергии покоя не проводится анализ белкового метаболизма, в том числе подсчет потерь азота в суточной моче. В этой связи только сопоставление среднесуточной экскреции азота и данных суточного расхода энергии приводит к клинически правильной интерпретации результатов мониторинга метаболизма у больных в критическом состоянии.

Назначение нутритивно-метаболической терапии согласно данным метаболического мониторинга дает возможность корректно удовлетворить потребности больного, избегая как недокармливания, так и гипералиментации.

Использование гипернитрогенной питательной смеси с меньшим соотношением «азот/небелковые калории» ( $1 : 84$ ), назначаемой для обеспечения суточных потребностей в белке на уровне  $1,8$  г/кг/сут, более предпочтительно по сравнению с применением гиперкалорической смеси с большим соотношением «азот/небелковые калории» ( $1 : 152$ ). Это подтверждается уменьшением летальности, сокращением периода гиперкатаболизма, продолжительности искусственной вентиляции легких, сроков пребывания в отделении реанимации и длительности госпитализации.

# Нутризон

Зондовое питание для лучшего усвоения белка  
и быстрого восстановления моторики ЖКТ<sup>1</sup>



Нутризон

Нутризон  
с пищевыми  
волокнами

Нутризон Энергия

Нутризон  
Энергия  
с пищевыми  
волокнами



4 вида белков животного и растительного происхождения  
для сбалансированного поступления аминокислот<sup>2,3</sup>



Запатентованный комплекс 6-ти растворимых  
и нерастворимых пищевых волокон

для быстрой нормализации работы кишечника и состава кишечной микробиоты<sup>4,5</sup>

1. Silk DBA, Walters ER, Duncan HD, Green CJ. The effect of a polymeric enteral formula supplemented with a mixture of six fibres on normal human bowel function and colonic motility. Clin Nutr 2001;20:49–58. 2. Abrahamse E, et al. Gastric non-coagulation of enteral tube feed yields faster gastric emptying of protein in a dynamic in vitro model. PP239. Clin Nutr 2012; 31, supplement 1, 119. 3. Nutricia Advanced L.L. Data on file 2012. 4. Wierdsma N.J, et al. Comparison of two tube feeding formulas enriched with guar gum or mixed dietary fibres. Ned Tijdschr Dietisten 2001; 56: 243–7. 5. Ella M, et al. Systematic review and meta-analysis: the clinical and physiological effects of fibre-containing enteral formulae. Aliment Pharmacol Ther 2008; 27: 120–45.

Производитель: N. V. Nutricia, P.O. Box1 2700 MA Zoetermeer, Нидерланды  
Импортер: ООО «Нутриция Эдванс», 143421, Московская область,  
Красногорский район, 26-й км автодороги «Балтия», бизнес-центр «Рига Ленд», стр. В  
Тел./факс: +7 (495) 228-33-88  
www.nutricia-medical.ru  
www.apteka.ru

**NUTRICIA**  
Advanced Medical Nutrition

Разрешено к применению у взрослых и детей старше 1 года жизни.  
Имеются противопоказания. Перед применением необходима  
консультация специалиста.



## Литература

1. Ha L., Hauge T., Spinning A.B. et al. Individual, nutritional support prevents undernutrition, increases muscle strength and improves QoL among elderly at nutritional risk hospitalized for acute stroke: a randomized, controlled trial // Clin. Nutr. 2010. Vol. 29. № 5. P. 567–573.
2. Dziedzic T., Pera J., Slowik A. et al. Hypoalbuminemia in acute ischemic stroke patients: frequency and correlates // Eur. J. Clin. Nutr. 2007. Vol. 61. № 11. P. 1318–1322.
3. dos Santos L.J., Hoff F.C., Condessa R.L. et al. Energy expenditure during weaning from mechanical ventilation: is there any difference between pressure support and T-tube? // J. Crit. Care. 2011. Vol. 26. № 1. P. 34–41.
4. Taggart J., Keating K.P., Evasovich M. et al. Indirect calorimetry as an adjunct to successful weaning from mechanical ventilation // www.business.highbeam.com/137522/article-1G1-71127153/indirect-calorimetry-adjunct-successful-weaning-mechanical.
5. Brandi L.S., Bertolini R., Calafà M. Indirect calorimetry in critically ill patients: clinical applications and practical advice // Nutrition. 1997. Vol. 13. № 4. P. 349–358.
6. Попова Т.С., Шестопалов А.Е., Тамазашвили Т.Ш. и др. Нутритивная поддержка больных в критических состояниях. М.: М-Вести, 2002.
7. Луфт В.М., Костюченко А.Л., Лейдерман И.Н. Руководство по клиническому питанию больных в интенсивной медицине. СПб.-Екатеринбург: Фрам Инфо, 2003.
8. Карли Ф. Метаболический ответ на острый стресс // Освежающий курс лекций по анестезиологии и реаниматологии: сборник научных трудов. Архангельск, 1996. С. 31–33.
9. Hamilton C., Boyce V.J. Addressing malnutrition in hospitalized adults // J. Parenter. Enteral. Nutr. 2013. Vol. 37. № 6. P. 808–815.
10. Powers J., Samaan K. Malnutrition in the ICU patient population // Crit. Care Nurs. Clin. North Am. 2014. Vol. 26. № 2. P. 227–242.
11. Paynter S., Ware R.S., Lucero M.G. et al. Malnutrition: a risk factor for severe respiratory syncytial virus infection and hospitalization // Pediatr. Infect. Dis. J. 2014. Vol. 33. № 3. P. 267–271.
12. Chambrier C., Barnoud D. How to feed complicated patients after surgery: what's new? // Curr. Opin. Crit. Care. 2014. Vol. 20. № 4. P. 438–443.
13. Gerber G.S., Brendler C.B. Evaluation of the urologic patient: history, physical examination, and urinalysis // Campbell-Walsh Urology / ed. by A.J. Wein, L.R. Kavoussi, A.C. Novick et al. 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2011.
14. Planas Vilà M. Nutritional and metabolic aspects of neurological diseases // Nutr. Hosp. 2014. Vol. 29. Suppl. 2. P. 3–12.
15. Oltermann M.H. Nutrition support in the acutely ventilated patient // Respir. Care Clin. N. Am. 2006. Vol. 12. № 4. P. 533–545.
16. Frankenfield D., Roth-Yousey L., Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review // J. Am. Diet. Assoc. 2005. Vol. 105. № 5. P. 775–789.
17. Boullata J., Williams J., Cottrell F. et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients // J. Am. Diet. Assoc. 2007. Vol. 107. № 3. P. 393–401.
18. Walsberg G.E., Hoffman T.C. Using direct calorimetry to test the accuracy of indirect calorimetry in an ectotherm // Physiol. Biochem. Zool. 2006. Vol. 79. № 4. P. 830–835.
19. Braunschweig C., Gomez S., Sheean P.M. Impact of declines in nutritional status on outcomes in adult patients hospitalized for more than 7 days // J. Am. Diet. Assoc. 2000. Vol. 100. № 11. P. 1316–1322.
20. Neumayer L.A., Smout R.J., Horn H.G. et al. Early and sufficient feeding reduces length of stay and charges in surgical patients // J. Surg. Res. 2001. Vol. 95. № 1. P. 73–77.
21. Heyland D.K., Cahill N.E., Dhaliwal R. et al. Enhanced protein-energy provision via the enteral route in critically ill patients: a single center feasibility trial of the PEP uP protocol // Crit. Care. 2010. Vol. 14. № 2. P. 78.
22. Bajwa S.J., Gupta S. Controversies, principles and essentials of enteral and parenteral nutrition in critically ill-patients // J. Med. Nutr. Nutraceut. 2013. Vol. 2. № 2. P. 77–83.

## Monitoring of Metabolism in Patients with Critical Conditions

M.V. Petrova, A.V. Butrov, Sh.D. Bikhari, M.N. Storchay

Peoples' Friendship University of Russia

Contact person: Marina Vladimirovna Petrova, petrovamv@mail.ru

*Specific feature of metabolic response in patient with critical condition is occurring syndrome of hypermetabolism-hypercatabolism. To compensate protein and energy losses, it is necessary to schedule nutritional-metabolic therapy in accordance with parameters of indirect calorimetry and data of daily average nitrogen excretion. It is plausible to apply hypernitrogen nutrient mixtures in patients with critical conditions, thus allowing to avoid of hyperalimentation and improving treatment results.*

**Key words:** indirect calorimetry, hypernitrogen nutrient mixture, hypermetabolism syndrome, resting energy expenditure, critical condition, nutritional-metabolic therapy