

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПАЦИЕНТОВ ОТДЕЛЕНИЙ РЕАНИМАЦИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

С. М. ЕФРЕМОВ¹, В. О. ТАЛАБАН¹, В. В. АРТЕМЬЕВА², М. Н. ДЕРЯГИН¹, В. В. ЛОМИВОРОТОВ¹

¹Центр анестезиологии и реанимации ФГБУ «ННИИПК им. акад. Е. Н. Мешалкина», г. Новосибирск

²Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск

Нутритивная поддержка является равноправным компонентом интенсивной терапии и не возможна без адекватного определения энергетических потребностей (REE) конкретного пациента. В настоящей обзорной статье описаны наиболее распространенные методы определения REE, среди которых наиболее информативным является метод непрямой калориметрии. Проведен обзор наиболее изученных расчетных уравнений определения REE. Наиболее чувствительным уравнением, информативность которого подтверждена в проспективных исследованиях, в настоящее время является формула Penn State, а уравнение Харриса – Бенедикта не пригодно для использования в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Следует подчеркнуть, что использование расчетных уравнений приемлемо только в условиях отсутствия метода непрямой калориметрии.

Ключевые слова: нутритивная поддержка, непрямая калориметрия, методы определения энергетических потребностей.

THEORY AND PRACTICE OF RESTING ENERGY EXPENDITURES EVALUATION OF THE PATIENTS IN THE INTENSIVE CARE DEPARTMENTS

S. M. EFREMOV¹, V. O. TALABAN¹, V. V. ARTEMIEVA², M. N. DERYAGIN¹, V. V. LOMIVOROTOV¹

¹Anesthesiology and Intensive Care Center by E. N. Meshalkin Research Institute of Blood Circulation Pathology, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Nutritive support is the equally important component of the intensive care and it is impossible without the adequate evaluation of resting energy expenditures (REE) of a specific patient. This article describes the most common evaluation techniques of REE, among which the technique of the indirect calorimetry is the most informative. The review included calculation equations for REE evaluations studied the most. The most sensitive equation which informativeness is confirmed by prospective studies is Penn State formula, and the Harris-Benedict equation is not suitable for the use in the intensive care department. It is worth highlighting that the use of equations is acceptable only when the indirect calorimetry technique is not available.

Key words: nutritive support, indirect calorimetry, techniques for resting energy expenditures evaluation.

Адекватная нутритивная поддержка в условиях критических состояний является равноправным компонентом интенсивной терапии, во многом определяющим успех лечения и прогноз. В настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что гипоалиментация, равно как и гипералиментация, ассоциированы с неблагоприятными исходами и более высокой частотой осложнений. Таким образом, обеспечение пациента должным количеством макро- и микронутриентов является важной задачей реаниматолога, проводящего интенсивную терапию [1–3].

Вышеизложенное обосновывает необходимость метаболического мониторинга пациентов, находящихся в критических состояниях, и определения их энергетических потребностей. Среди таких инструментов, доступных для рутинного использования в клинической практике, можно выделить две методики: расчетные уравнения и метод непрямой калориметрии.

Энергетические потребности покоя (REE)

Общая потребность в энергии является производной суммы: (1) энергетических потребностей покоя (около 60–70% общих потребностей), (2) алиментарного термогенеза (8–10%), (3) физической активности, а также (4) субстратов, необходимых

для роста и борьбы с заболеванием, в том числе заживления ран после операций. REE объясняют от 75 до 100% абсолютных потребностей в энергии у пациентов, находящихся в критических состояниях. В норме 60–70% REE необходимо для поддержания работы клеточных насосов, биохимических процессов и функции мышц. Мышечная масса тела является основным фактором, определяющим REE, однако возраст, пол, температура, функция щитовидной железы, воспаление и специфика заболевания также оказывают значительное влияние [12]. В рутинной клинической практике оценку адекватности доставки энергии следует проводить с использованием комплекса клинических, антропометрических и лабораторных методов (изучение состава тела, измерение концентрации протеинов крови, мышечной и дыхательной функции) с обязательной оценкой системного воспаления (С-реактивный белок).

Метод непрямой калориметрии (НК)

Адекватное обеспечение пациентов нутриентами во время их пребывания в стационаре является чрезвычайно важной, но, к сожалению, часто недооцениваемой задачей. Известно, что каждый третий госпитализируемый пациент страдает нутриционной

недостаточностью той или иной степени, а у 2 из 3 таких пациентов в условиях отсутствия адекватной нутриционной поддержки нутриционный статус продолжает снижаться [36]. Что касается пациентов с изначально хорошим нутриционным статусом, то даже среди этой популяции у каждого третьего развивается нутриционная недостаточность во время пребывания в стационаре [7].

Множество патологий и клинических синдромов ассоциированы с трудностями определения REE. Степень влияния основной патологии, хирургической травмы или осложнений послеоперационного периода на потребности пациентов в энергии непредсказуема [42]. Клинические состояния, оказывающие значительное воздействие на REE, представлены в табл. 1.

Только корректное определение REE при проведении нутриционной поддержки дает возможность избежать как гипералиментации, так и гипоалиментации, приводящих, как известно, к целому ряду осложнений (табл. 2).

Энергетические потребности даже одного пациента могут меняться на различных этапах госпитализации и зависят от степени заживления ран, методов обезболивания и седации, режимов вентиляции, а также сопутствующей патологии.

Непрямая калориметрия в настоящее время признана «золотым стандартом» определения энергетических потребностей. Принципом данного метода является прямое измерение потребления кислорода (VO_2), необходимого для окисления любого макро-

нутриента, и продукции углекислого газа (VCO_2), являющегося конечным продуктом этого окисления. Расчет REE производится согласно формуле J. B. Weir [40]:

$$REE \text{ (ккал/сут)} = [(VO_2 \times 3,941) + (VCO_2 \times 1,11) + (uN_2 \text{ (г)} \times 2,17)] \times 1\,440,$$

где uN_2 – суточная экскреция азота с мочой. Учитывая, что измерение uN_2 составляет менее 4% от результата [5, 23], данной переменной обычно пренебрегают. Помимо информации об энергопотреблении, измерение VO_2 и VCO_2 позволяет определить респираторный коэффициент (RQ), являющийся, по сути, отношением VO_2 к VCO_2 . Поскольку при утилизации разных макронутриентов (белков, жиров и углеводов) соотношение VO_2 к VCO_2 различно, показатель RQ дает информацию о приоритетных путях метаболизма. Физиологическим диапазоном RQ являются значения от 0,7 (окисление углеводов) до 1 (окисление липидов). Однако, несмотря на теоретические предпосылки, клиническое использование RQ как маркера утилизации субстратов и критерия адекватности нутриционной поддержки в настоящее время не рекомендовано, поскольку обладает низкой чувствительностью и специфичностью [30, 41]. При этом значимость RQ как критерия корректного проведения самого теста непрямой калориметрии бесспорна [31, 41].

В настоящее время на рынке представлено несколько непрямых калориметров. Однако существуют данные о несоответствии результатов измерений между непрямыми калориметрами разных производителей [35, 37]. Для получения наиболее достоверных результатов рекомендовано соблюдение ряда условий, снижающих вероятность погрешности (табл. 3).

Более высокая эффективность нутриционной поддержки под контролем непрямой калориметрии клинически доказана. Среди наиболее значимых эффектов такой нутриционной поддержки можно выделить снижение инфекционных осложнений [25], а также возможное снижение летальности [34].

Расчетные уравнения

В настоящее время известно более 200 различных формул, объясняющих энергетические потребности.

Таблица 1. Факторы, влияющие на энергетические потребности [41]

Table 1. Factors influencing the energy expenditures [41]

Острый или хронический респираторный дистресс-синдром
Обширные раны или ожоги
Множественная травма или нейротравма
Синдром полиорганной недостаточности
Пересадка органа (послеоперационный период)
Сепсис
Синдром системной воспалительной реакции
Использование миорелаксантов, наркотических анальгетиков, барбитуратов

Таблица 2. Осложнения, ассоциированные с гипо- и гипералиментацией [21]

Table 2. Complications associated with hypo and hyperalimentation [21]

Гипоалиментация	Гипералиментация
Снижение массы и силы дыхательной мускулатуры	Гипергликемия
Трудности отлучения от ИВЛ	Азотемия
Дисфункция внутренних органов	Гипертриглицеридемия
Иммуносупрессия	Электролитные нарушения
Медленное заживление ран	Иммуносупрессия
Гипопротеинемия при отсутствии инфекции	Жировая инфильтрация печени
Высокий риск нозокомиальных инфекций	Трудности отлучения от ИВЛ
	Нарушения гидратации

Таблица 3. Рекомендации по улучшению точности измерения методом непрямой калориметрии

Table 3. Recommendations on the improvement of measurement accuracy by indirect calorimetry technique

- С целью максимального исключения влияния двигательной активности пациент должен находиться в расслабленном положении лежа или полужа не менее 30 мин перед измерением. Допустимы свободные движения конечностей во время исследования.
- Если пациент принимает пищу самостоятельно либо ему проводится интермиттирующее энтеральное питание, измерение REE следует проводить не ранее 4 ч после последнего приема пищи или не ранее 1 ч в случае, если алиментарный термогенез подлежит измерению.
- Темп введения нутриентов при продленном энтеральном и/или парентеральном питании не должен меняться предыдущие 12 ч и во время исследования.
- Исследование проводят в тихой, термонеutralной среде.
- Прекратить дополнительную подачу кислорода, если пациент толерантен.
- Фракция кислорода во вдыхаемой смеси (FiO_2) не должна превышать 60% и должна оставаться постоянной во время измерения.
- Для пациентов на ИВЛ не следует менять параметры в течение 90 мин перед исследованием.
- Исключить утечки в контуре.
- Пациент должен быть адекватно обезболен и при необходимости седатирован не ранее чем за 30 мин до исследования. Данное обстоятельство необходимо учитывать при интерпретации результатов.
- Не рекомендовано проводить измерения ранее чем через 6–8 ч после общей анестезии.
- Измерение следует отсрочить на 3–4 ч после сеанса интерметтирующего гемодиализа.
- Измерение следует отсрочить не менее чем на час после болезненных процедур (удаление дренажей, катетеризация центральных вен и т. д.).
- Во время исследования следует воздержаться от мероприятий по уходу (смена белья, профилактика пролежней), лечебной физкультуры, массажа.

Следует отметить крайне высокую гетерогенность популяций, данные которых легли в основу этих уравнений. Так, одни уравнения разработаны в результате тестирования здоровых добровольцев, другие – в результате обследований пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). Также исследуемые популяции значительно отличаются по возрасту (взрослые, дети или пожилые) и профилю отделения (терапевтическое, хирургическое, ожоговое и т. д.). В данной статье рассматриваются наиболее распространенные уравнения, информативность которых широко изучена в проспективных исследованиях (табл. 4).

Penn State

В настоящее время наиболее достоверным расчетным уравнением для пациентов в критических состояниях считается формула Penn State [6], точность которой составляет 70–75% [14, 15, 17, 19]. Существует две модификации данной формулы: оригинальная и модифицированная, разработанные в 1998 и 2003 г. соответственно. Оригинальная формула (Penn State, 1998) лучше объясняет энергетические потребности пациентов с ожирением, которым проводят искусственную вентиляцию легких (ИВЛ), в то время как модифицированная (Penn State, 2003) – пациентов ОРИТ без ожирения [16].

Ireton Jones

Оригинальное уравнение Ireton Jones было опубликовано в 1992 г. на основе измерений REE у 200 пациентов ОРИТ. Пациенты оригинальной популяции были в возрасте 15–80 лет (в среднем 43 года), преимущественно мужского пола, 33% зависели от ИВЛ. В дальнейшем информативность уравнения была подтверждена в проспективном исследовании 100 пациентов со схожими характеристиками [27]. В 1997 г. авторы данного уравнения модернизировали его, обследовав 99 пациентов на ИВЛ и обна-

ружив, что оригинальное уравнение переоценивает энергетические потребности пациентов в среднем на 271 ккал/сут [27]. Однако в последующем было продемонстрировано, что модифицированная формула (Ireton Jones, 1997) уступает оригинальной (Ireton Jones, 1992) по точности определения REE [18, 19].

Swinamer

Уравнение Swinamer разработано в 1990 г. на основе данных 112 пациентов ОРИТ на ИВЛ. Данная популяция включала пациентов с травмой, а также хирургических и терапевтических ОРИТ. Полученная формула была проверена в двух проспективных исследованиях, в которых расчетные данные сопоставляли с измеренными методом непрямой калориметрии. В данных исследованиях точность определения REE уравнением Swinamer соответствовала 45 и 55% [27, 28].

Faisy

Формула Faisy разработана на основе данных 70 пациентов общего ОРИТ, с исключением травматологических и хирургических пациентов, нуждающихся в ИВЛ более 24 ч [11]. Таким образом, данное уравнение является первым, разработанным для достаточно селективной когорты пациентов терапевтического ОРИТ. Данная особенность является важной, учитывая существенное влияние ряда стрессовых факторов (травма, ожоги, хирургический стресс) на основной обмен. D. C. Frankenfield et al. в проспективном исследовании проверили достоверность уравнения Faisy [17]. Согласно результатам данного исследования, формула Faisy обладала точностью 53% у общей когорты обследуемых пациентов, однако у пожилых пациентов чувствительность данного уравнения составляла 37%. Также уравнение Faisy было неинформативно для пациентов с ожирением.

Таблица 4. Наиболее распространенные формулы определения REE

Table 4. The most frequent formulas for REE evaluation

Автор / название	Год	Кол-во пациентов	Характеристика когорты исследуемых	Варианты	Формула
J. A. Harris – F. Benedict [24]	1919	239	Здоровые добровольцы		Мужчины: $13,75 (\text{масса тела}) + 5 (\text{рост}) - 6,8 (\text{возраст}) + 66$ Женщины: $9,6 (\text{масса тела}) + 1,8 (\text{рост}) - 4,7 (\text{возраст}) + 655$
				ХБ (25)	Для пациентов с ожирением. Расчет массы тела: (настоящая масса тела – идеальная масса тела ^а) 0,25 + идеальная масса тела
				$\text{ХБ (25)} \times 1,25$	$\text{ХБ (25)} \times \text{фактор стресса } 1,25$
				ХБ (50)	Для пациентов с ожирением. Расчет массы тела: (настоящая масса тела – идеальная масса) 0,5 + идеальная масса
				$\text{ХБ (50)} \times 1,25$	$\text{ХБ (25)} \times \text{фактор стресса } 1,25$
M. D. Mifflin equation [32]	1990	498	Здоровые добровольцы		Мужчины: $10 (\text{масса тела}) + 6,25 (\text{рост}) - 5 (\text{возраст}) + 5$ Женщины: $10 (\text{масса тела}) + 6,25 (\text{рост}) - 5 (\text{возраст}) - 161$
C. Faisy equation [11]	2003	70	Пациенты на ИВЛ (8,6% с левожелудочковой недостаточностью)		$\text{Масса тела (8)} + \text{Рост (14)} + \text{Ve (32)} + \text{T (94)} - 4\,834^b$
D. L. Swinamer [38]	1990	112	Пациенты на ИВЛ (хирургия, терапия, травма)		$\text{ППТ (941)} - \text{Возраст (6,3)} + \text{T (104)} + \text{ЧДД (24)} + \text{Vt (804)} - 4\,243^s$
C. Ireton-Jones [27]	1992	200	Пациенты ОРИТ (33% на ИВЛ)		$\text{Масса тела (5)} - \text{Возраст (10)} + \text{Пол (281)} + \text{Травма (292)} + \text{Ожоги (851)}$
Penn State [13]	1998	169	Пациенты на ИВЛ (терапия, хирургия, травма)	Penn State 1998 [7]	$\text{ХБ (25)}(1,1) + \text{Tmax (140)} + \text{Ve (32)} - 5\,340^c$
				Penn State 2003 [5]	a) $\text{ХБ (0,85)} + \text{Tmax (175)} + \text{Ve (33)} - 6\,344^d$ б) $\text{Mifflin (0,96)} + \text{Tmax (167)}d + \text{Ve (31)}d - 6\,212^{cd}$
L. S. Brandi [6]	1999	26	Травматологическое ОРИТ		$\text{ХБ (0,96)} + \text{ЧСС (7)} + \text{Ve (48)} - 702^b$
American College of Chest Physicians [9]	1997	–	–		25 ккал/кг (актуальная масса тела) 25 ккал/кг (расчетная масса тела для пациентов с ожирением)

Примечание: Vt – дыхательный объем (в литрах); а – расчет идеальной массы тела с помощью метода Hamwi [22]; b – оригинальный источник умалчивает о том, какие значения использовать (наивысшие за последние сутки или на момент оценки). Обычно используют значения в момент исследования; с – используются наибольшие значения T за последние 24 ч и Vt в момент исследования; d – в формуле ХБ используется актуальная масса тела, если на момент осмотра масса тела пациента меньше, чем при госпитализации. Если на момент оценки масса тела пациента больше, чем при поступлении, то используется масса тела при поступлении.

Brandi

Уравнение Brandi было создано в 1999 г. на основе анализа 26 взрослых пациентов с травмой, нуждающихся в проведении ИВЛ [6]. Проспективно данное уравнение было изучено в одном исследовании [17]. Точность данной формулы соответствовала 67% для пациентов травматологического и 51% – нетравматологического профилей. Также была выявлена более низкая информативность у пациентов с ожирением.

Harris – Benedict

Разработанное на здоровых добровольцах и впервые опубликованное почти 100 лет назад уравнение Harris – Benedict до сих пор широко используется

с целью определения REE, в том числе и многими реаниматологами. Учитывая, что оригинальная формула была разработана для здоровой популяции с нормальной массой тела, для ее адаптации к использованию в клинической практике вводятся поправочные коэффициенты, прибавляющие к полученному результату дополнительное количество энергии в зависимости от фактора стресса [26]. Достоверность формулы Harris – Benedict исследована многими авторами. Данные работы указывают на низкую информативность уравнения для пациентов ОРИТ. Так, формула Harris – Benedict с диапазоном от 17 до 67% имеет тенденцию к недооценке или переоценке REE [8, 20, 28, 33]. Таким образом, формула Harris – Benedict, вне зависимости от поправочных коэффициентов, в настоящее время признана негодной к исполь-

зованию у пациентов в критических состояниях [18, 39].

Mifflin

Уравнение Mifflin разработано в 1990 г. на данных 498 здоровых добровольцев, поэтому неудивительно, что данная формула, как и оригинальная формула Harris – Benedict, непригодна к использованию у пациентов ОРИТ [20]. Однако среди 25% пациентов ОРИТ уравнение Mifflin демонстрирует приемлемую точность, что, вероятно, обусловлено нетяжелым состоянием этих пациентов и невысоким катаболизмом [17].

Таким образом, информативность различных уравнений в значительной степени разнится, что обусловлено прежде всего гетерогенностью популяций различных исследований. Очевидно, что уравнение, разработанное на пациентах терапевтического ОРИТ, некорректно экстраполировать на ожоговых или хирургических пациентов. Именно это является причиной постоянного поиска новых уравнений, которые с наибольшей точностью объясняют энергетические потребности пациентов различных групп. Так, существуют уравнения, которые в качестве факторов включают расу и наличие сахарного диабета [29]. Примечательно, что для популяции ожоговых пациентов за последние 50 лет разработано более 46 различных уравнений [10]. При этом для определенных популяций, например кардиохирургических пациентов с синдромом острой сердечной недостаточности, не существует ни одного исследования, посвященного определению REE. Также остается недостаточно изученным вклад синдрома сердечной недостаточности и инотропной поддержки в REE. В настоящее время ведется набор пациентов в исследование, призванное разработать кардиоспецифичную формулу для определения REE (протокол № NCT02463123 в регистрационной базе клинических исследований clinicaltrials.gov).

Заключение

Таким образом, широкое разнообразие расчетных уравнений свидетельствует об отсутствии универсальной формулы расчета REE для пациентов ОРИТ. При этом использование конкретного уравнения целесообразно среди определенной популяции пациентов, соответствующей той, на основе которой это уравнение было разработано. Наиболее чувствительным уравнением, информативность которого подтверждена в проспективных исследованиях, в настоящее время является формула Penn State. При этом определение REE с использованием расчетных уравнений приемлемо только в условиях отсутствия метода непрямой калориметрии, которая в настоящее время является «золотым стандартом» определения REE.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов С. М., Ломиворотов В. В., Дерягин М. Н. и др. Выбор формулы для раннего энтерального питания в кардиохирургии // Вестн. интенс. терапии. – 2014. – Т. 2. – С. 43–51.
2. Лейдерман И. Н., Малкова О. Г., Левит А. Л. и др. Протоколы и алгоритмы нутритивной поддержки в хирургической клинике // Вестн. урал. мед. акад. науки. – 2009. – Т. 3. – С. 89–91.
3. Попова Т. С., Шестопапов А. Е., Проценко Д. Н. и др. Практика нутритивной поддержки в отделениях реанимации и интенсивной терапии Российской Федерации // Вестн. анестезиол. и реаниматол. – 2011. – Т. 8. – С. 7–10.
4. Boullata J., Williams J., Cottrell F. et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients // J. Am. Diet. Assoc. – 2007. – Vol. 107. – P. 393–401.
5. Bursztein S., Saphar P., Singer P. et al. A mathematical analysis of indirect calorimetry measurements in acutely ill patients // Am. J. Clin. Nutr. – 1989. – Vol. 50. – P. 227–230.
6. Brandi L. S., Santini L., Bertolini R. et al. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients // Crit. Care Med. – 1999. – Vol. 27. – P. 2684–2689.
7. 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. – P. 1316–1322.
8. Campbell C.G., Zander E., Thorland W. Predicted vs measured energy expenditure in critically ill, underweight patients // Nutr. Clin. Pract. – 2005. – Vol. 20. – P. 276–280.
9. Cerra F. B., Benitez M. R., Blackburn G. L. et al. Applied nutrition in ICU patients. A consensus statement of the American College of Chest Physicians // Chest. – 1997. – Vol. 111. – P. 769–778.
10. Dickerson R. N., Gervasio J. M., Riley M. L. et al. Accuracy of predictive methods to estimate resting energy expenditure of thermally-injured patients // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – 2002. – Vol. 26. – P. 17–29.
11. Faisy C., Guerot E., Diehl J.-L. et al. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients // Am. J. Clin. Nutr. – 2003. – Vol. 78. – P. 241–249.
12. Fung E. B. Estimating energy expenditure in critically ill adults and children // AACN Clin. – 2000. – Issues 11. – P. 480–497.
13. Frankenfield D. Energy Dynamics, in: Matarese L, Gottschlich M, eds. (ed): Contemp. Nutr. Support Pract. (ed 2-nd). Philadelphia, PA, Saunders. – 2003. – P. 100.
14. Frankenfield D. C., Ashcraft C. M. Estimating energy needs in nutrition support patients // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – 2011. – Vol. 35. – P. 563–570.
15. Frankenfield D. C., Ashcraft C. M., Galvan D. A. Longitudinal prediction of metabolic rate in critically ill patients // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – 2012. – Vol. 36. – P. 700–712.
16. Frankenfield D. C., Ashcraft C. M., Galvan D. A. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – Vol. 37. – P. 361–367.
17. Frankenfield D. C., Coleman A., Alam S. et al. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – 2009. – Vol. 33. – P. 27–36.
18. Frankenfield D., Hise M., Malone A. et al. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence // J. Am. Diet. Assoc. – 2007. – Vol. 107. – P. 1552–1561.
19. Frankenfield D. C., Smith J. S., Cooney R. N. Validation of 2 approaches to predicting resting metabolic rate in critically ill patients // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – 2004. – Vol. 28. – P. 259–264.
20. Glynn C.C., Greene G.W., Winkler M.F. et al. Predictive versus measured energy expenditure using limits-of-agreement analysis in hospitalized, obese patients // JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr. – Vol. 23. – P. 147–154.
21. Gottschlich M. M., DeLegge M. H., Guenter P. The A.S.P.E.N. Nutrition Support Core Curriculum: A Case-Based Approach – The Adult Patient. Silver Spring, MD, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). – 2007. – URL: <http://media.axon.es/pdf/77790.pdf>
22. Hamwi G. Therapy: changing dietary concepts, in: Danowski T, ed. (ed): Diabetes Mellit. Diagnosis Treat. Vol. 1 New York, NY, American Diabetes Association. – 1964. – P. 73–78.
23. Haugen H. A., Chan L.-N., Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians // Nutr. Clin. Pract. – 2007. – Vol. 22. – P. 377–388.

24. Harris J. A., Benedict F. A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC, Washington DC, 1919. – 284 p.
25. Heidegger C. P., Berger M. M., Graf S. et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial // *Lancet* (London, England). – 2013. – Vol. 381. – P. 385–393.
26. Heyland D. K., Schroter-Noppe D., Drover J. W. et al. Nutrition support in the critical care setting: current practice in canadian ICUs-opportunities for improvement? // *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.* – 2003. – Vol. 27. – P. 74–83.
27. Ireton-Jones C., Jones J. D. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones Equations // *Nutr. Clin. Pract.* – 2002. – Vol. 17. – P. 29–31.
28. MacDonald A., Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient // *Nutrition.* – 2003. – Vol. 19. – P. 233–239.
29. Martin K., Wallace P., Rust P. F. et al. Estimation of resting energy expenditure considering effects of race and diabetes status // *Diabetes Care.* – 2004. – Vol. 27. – P. 1405–1411.
30. McClave S. A., Lowen C. C., Kleber M. J. et al. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry // *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.* – 2003. – Vol. 27. – P. 21–26.
31. McClave S. A., McClain C. J., Snider H. L. Should indirect calorimetry be used as part of nutritional assessment? // *J. Clin. Gastroenterol.* – 2001. – Vol. 33. – P. 14–19.
32. Mifflin M. D., St Jeor S. T., Hill L. A. et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals // *Am. J. Clin. Nutr.* – 1990. – Vol. 51. – P. 241–247.
33. Roza A. M., Shizgal H. M. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass // *Am. J. Clin. Nutr.* – 1984. – Vol. 40. – P. 168–182.
34. Singer P., Anbar R., Cohen J. et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients // *Intens. Care Med.* – Vol. 37. – 2011. – P. 601–609.
35. Singer P., Pogrebetsky I., Attal-Singer J. et al. Comparison of metabolic monitors in critically ill, ventilated patients // *Nutrition.* – 2006. – Vol. 22. – P. 1077–1086.
36. Somanchi M., Tao X., Mullin G. E. The facilitated early enteral and dietary management effectiveness trial in hospitalized patients with malnutrition // *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.* – 2011. – Vol. 35. – P. 209–216.
37. Sundström M., Tjäder I., Rooyackers O. et al. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments // *Clin. Nutr.* – 2013. – Vol. 32. – P. 118–121.
38. Swinamer D. L., Grace M. G., Hamilton S. M. et al. Predictive equation for assessing energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients // *Crit. Care Med.* – 1990. – Vol. 18. – P. 657–661.
39. Walker R. N., Heuberger R. A. Predictive equations for energy needs for the critically ill // *Respir. Care.* – 2009. – Vol. 54. – P. 509–521.
40. Wier J. B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism // *J. Physiol.* – 1949. – Vol. 109. – P. 1–9.
41. Wooley J. A., Sax H. C. Indirect calorimetry: applications to practice // *Nutr. Clin. Pract.* – 2003. – Vol. 18. – P. 434–439.
42. Zijlstra N., ten Dam S. M., Hulshof P. J. M. et al. 24-hour indirect calorimetry in mechanically ventilated critically ill patients // *Nutr. Clin. Pract.* – 2007. – Vol. 22. – P. 250–255.
5. Bursztein S., Saphar P., Singer P. et al. A mathematical analysis of indirect calorimetry measurements in acutely ill patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1989, vol. 50, pp. 227–230.
6. Brandi L.S., Santini L., Bertolini R. et al. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients. *Crit. Care Med.*, 1999, vol. 27, pp. 2684–2689.
7. 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, pp. 1316–1322.
8. Campbell C.G., Zander E., Thorland W. Predicted vs measured energy expenditure in critically ill, underweight patients. *Nutr. Clin. Pract.*, 2005, vol. 20, pp. 276–280.
9. Cerra F.B., Benitez M.R., Blackburn G.L. et al. Applied nutrition in ICU patients. A consensus statement of the American College of Chest Physicians. *Chest*, 1997, vol. 111, pp. 769–778.
10. Dickerson R.N., Gervasio J.M., Riley M.L. et al. Accuracy of predictive methods to estimate resting energy expenditure of thermally-injured patients. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2002, vol. 26, pp. 17–29.
11. Faisy C., Guerot E., Diehl J.L. et al. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003, vol. 78, pp. 241–249.
12. Fung E.B. Estimating energy expenditure in critically ill adults and children. *AACN Clin.* 2000, issues 11, pp. 480–497.
13. Frankenfield D. Energy Dynamics, in: Matarese L, Gottschlich M, eds. (ed): *Contemp. Nutr. Support Pract.* (ed 2-nd). Philadelphia, PA, Saunders. 2003, pp. 100.
14. Frankenfield D.C., Ashcraft C.M. Estimating energy needs in nutrition support patients. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2011, vol. 35, pp. 563–570.
15. Frankenfield D.C., Ashcraft C.M., Galvan D.A. Longitudinal prediction of metabolic rate in critically ill patients. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2012, vol. 36, pp. 700–712.
16. Frankenfield D.C., Ashcraft C.M., Galvan D.A. Prediction of resting metabolic rate in critically ill patients at the extremes of body mass index. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, vol. 37, pp. 361–367.
17. Frankenfield D.C., Coleman A., Alam S. et al. Analysis of estimation methods for resting metabolic rate in critically ill adults. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2009, vol. 33, pp. 27–36.
18. Frankenfield D., Hise M., Malone A. et al. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2007, vol. 107, pp. 1552–1561.
19. Frankenfield D.C., Smith J.S., Cooney R.N. Validation of 2 approaches to predicting resting metabolic rate in critically ill patients. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2004, vol. 28, pp. 259–264.
20. Glynn C.C., Greene G.W., Winkler M.F., et al. Predictive versus measured energy expenditure using limits-of-agreement analysis in hospitalized, obese patients. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, vol. 23, pp. 147–154.
21. Gottschlich M.M., DeLegge M.H., Guenter P. The A.S.P.E.N. Nutrition Support Core Curriculum: A Case-Based Approach – The Adult Patient. Silver Spring, MD, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). 2007, URL: <http://media.axon.es/pdf/77790.pdf>
22. Hamwi G. Therapy: changing dietary concepts, in: Danowski T, ed. (ed): *Diabetes Mellit. Diagnosis Treat.* vol. 1, New York, NY, American Diabetes Association. 1964, pp. 73–78.
23. Haugen H.A., Chan L.N., Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr. Clin. Pract.*, 2007, vol. 22, pp. 377–388.
24. Harris J.A., Benedict F. A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC, Washington DC, 1919. 284 p.
25. Heidegger C.P., Berger M.M., Graf S. et al. Optimisation of energy provision with supplemental parenteral nutrition in critically ill patients: a randomised controlled clinical trial. *Lancet* (London, England), 2013, vol. 381, pp. 385–393.
26. Heyland D.K., Schroter-Noppe D., Drover J.W. et al. Nutrition support in the critical care setting: current practice in canadian ICUs-opportunities for improvement?. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2003, vol. 27, pp. 74–83.
27. Ireton-Jones C., Jones J.D. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones Equations. *Nutr. Clin. Pract.*, 2002, vol. 17, pp. 29–31.
28. MacDonald A., Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition*, 2003, vol. 19, pp. 233–239.

REFERENCES

1. Efremov S.M., Lomivorotov V.V., Deryagin M.N. et al. Choice of formula for early enteral feeding in cardiac surgery. *Vestnik Intens. Terapii*, 2014, vol. 2, pp. 43–51. (In Russ.)
2. Leyderman I.N., Malkova O.G., Levit A.L. et al. Protocols and procedures of nutritional support in the surgical clinic. *Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki*, 2009, vol. 3, pp. 89–91. (In Russ.)
3. Popova T.S., Shestopalov A.E., Protsenko D.N. et al. Practice of nutritional support in the intensive care departments of the Russian Federation. *Vestnik Anesteziol. i Reanimatol.*, 2011, vol. 8, pp. 7–10. (In Russ.)
4. Boullata J., Williams J., Cottrell F. et al. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2007, vol. 107, pp. 393–401.

29. Martin K., Wallace P., Rust P.F. et al. Estimation of resting energy expenditure considering effects of race and diabetes status. *Diabetes Care*, 2004, vol. 27, pp. 1405-1411.
30. McClave S.A., Lowen C.C., Kleber M.J. et al. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2003, vol. 27, pp. 21-26.
31. McClave S.A., McClain C.J., Snider H.L. Should indirect calorimetry be used as part of nutritional assessment?. *J. Clin. Gastroenterol.*, 2001, vol. 33, pp. 14-19.
32. Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A. et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1990, vol. 51, pp. 241-247.
33. Roza A.M., Shizgal H.M. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1984, vol. 40, pp. 168-182.
34. Singer P., Anbar R., Cohen J. et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intens. Care Med.*, vol. 37, 2011, pp. 601-609.
35. Singer P., Pogrebsky I., Attal-Singer J. et al. Comparison of metabolic monitors in critically ill, ventilated patients. *Nutrition*, 2006, vol. 22, pp. 1077-1086.
36. Somanchi M., Tao X., Mullin G.E. The facilitated early enteral and dietary management effectiveness trial in hospitalized patients with malnutrition. *JPEN. J. Parenter. Enteral Nutr.*, 2011, vol. 35, pp. 209-216.
37. Sundström M., Tjäder I., Rooyackers O. et al. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clin. Nutr.*, 2013, vol. 32, pp. 118-121.
38. Swinamer D.L., Grace M.G., Hamilton S.M. et al. Predictive equation for assessing energy expenditure in mechanically ventilated critically ill patients. *Crit. Care Med.*, 1990, vol. 18, pp. 657-661.
39. Walker R.N., Heuberger R.A. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respir. Care*, 2009, vol. 54, pp. 509-521.
40. Wier J.B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J. Physiol.*, 1949, vol. 109, pp. 1-9.
41. Wooley J.A., Sax H.C. Indirect calorimetry: applications to practice. *Nutr. Clin. Pract.*, 2003, vol. 18, pp. 434-439.
42. Zijlstra N., ten Dam S.M., Hulshof P.J.M. et al. 24-hour indirect calorimetry in mechanically ventilated critically ill patients. *Nutr. Clin. Pract.*, 2007, vol. 22, pp. 250-255.

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

ФГБУ «ННИИПК им. акад. Е. Н. Мешалкина» МЗ РФ,
630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15.

Ефремов Сергей Михайлович

доктор медицинских наук, старший научный сотрудник
центра анестезиологии и реанимации.
E-mail: sergefremov@mail.ru

Талабан Валерия Олеговна

врач отделения реанимации и интенсивной терапии
взрослых.
E-mail: v_talaban@meshalkin.ru

Дерягин Михаил Николаевич

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник
центра анестезиологии и реанимации.
E-mail: m_deryagin@meshalkin.ru

Ломиворотов Владимир Владимирович

доктор медицинских наук, профессор, руководитель центра
анестезиологии и реанимации.
E-mail: vlom@mail.ru

Артемяева Виктория Владимировна

Новосибирский государственный медицинский
университет,
630055, г. Новосибирск, Красный пр., д. 52.
студентка.
E-mail: vika-artemeva@mail.ru

FOR CORRESPONDENCE:

E.N. Meshalkin Research Institute of Blood Circulation
Pathology, Russian Ministry of Health, Novosibirsk, Russia
15, Rechkunovskaya St., Novosibirsk, 630055

Sergey M. Efremov

Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher
of Anesthesiology and Intensive Care Center.
E-mail: sergefremov@mail.ru

Valeriya O. Talaban

Doctor of Intensive Care Department for Adults.
E-mail: v_talaban@meshalkin.ru

Mikhail N. Deryagin

Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher
of Anesthesiology and Intensive Care Center.
E-mail: m_deryagin@meshalkin.ru

Vladimir V. Lomivorotov

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Anesthesiology
and Intensive Care Center.
E-mail: vlom@mail.ru

Viktoriya V. Artemieva

Novosibirsk State Medical University,
52, Krasny Ave., Novosibirsk, 630055.
Student.
E-mail: vika-artemeva@mail.ru