DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
Reviews

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Глебова Е.С., Иванова-Давыдова Е.В., Амчеславский В.Г.

НЕПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ КАК ОБЪЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПАЦИЕНТОВ В КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы, 119180, г. Москва

Актуальность. *Адекватная нутритивная поддержка пациентов в критических состояниях является одним из наиболее важных аспектов интенсивной терапии. При составлении программы питания необходимо оценивать лежащие в узком диапазоне энергетические потребности пациента, избегая гипо- и гипералиментации.*
Цель исследования. *Рассмотреть и сравнить по эффективности современные методы метаболического мониторинга у детей в критических состояниях.*
Материал и методы. *Проведен анализ опубликованных результатов исследований зарубежных и российских клиник в области метаболического мониторинга.*
Результаты. *На основании проведенного анализа данных литературы продемонстрирована недостоверность расчетных методов в детской практике и обоснована необходимость применения метода непрямой калориметрии как объективного способа определения энергетических потребностей пациента.*

Ключевые слова: *непрямая калориметрия; метаболический мониторинг при критических состояниях; энергетические потребности; интенсивная терапия критических состояний в педиатрии.*

Для цитирования: Глебова Е.С., Иванова-Давыдова Е.В., Амчеславский В.Г. Непрямая калориметрия как объективный метод оценки энергетических потребностей пациентов в критических состояниях. *Детская хирургия.* 2019; 23(6): 329-334. DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334

Для корреспонденции: *Амчеславский Валерий Генрихович*, доктор мед. наук, профессор, руководитель отделения анестезиологии-реанимации ГБУЗ «НИИ неотложной детской хирургии и травматологии» ДЗМ, 119180, Москва. E-mail: vamches@mail.ru

Glebova E.S., Ivanova-Davidova E.V., Amcheslavsky V.H.

INDIRECT CALORIMETRY AS AN OBJECTIVE TECHNIQUE FOR ASSESSING ENERGY NEEDS OF PATIENTS IN CRITICAL STATES

Background. *Nutrition is one of the most important aspects of intensive care. While working over the nutritive program, one should take into account patient's energy needs, which lie in a narrow range - to avoid under- or overfeeding.*
Purpose. *To compare modern approaches to metabolic rate assessment in patients in ICU and to find the most effective one.*
Material and methods. *The researchers have analyzed published data of clinical trials on metabolic monitoring in Russia and abroad.*
Results. *After the scientific articles had been analyzed, it became evident that current calculation approaches cannot be considered reliable in pediatric clinical practice, especially in ICU. Thus, the indirect calorimetry, as an objective technique for calculating energy needs in patients, should be used in pediatric practice.*

Keywords: *Indirect calorimetry, metabolic monitoring in ICU, energy needs, intensive care in pediatric critical states.*

For citation: Glebova E.S., Ivanova-Davidova E.V., Amcheslavsky V.H. Indirect calorimetry as an objective technique for assessing energy needs of patients in critical states. *Detskaya khirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)* 2019; 23(6): 329-334. (in Russian). DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334

For correspondence: *Valery G. Amcheslavsky*, Dr. Sci. Med., Professor, head of anesthesiology and intensive care department, Clinical and Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Trauma. E-mail: E-mail: vamches@mail.ru

Information about authors: Glebova E.S., http://orcid.org/0000-0002-1662-7946
Ivanova-Davydova E.V., https://orcid.org/0000-0002-4222-2360; Amcheslavsky V.G., http://orcid.org/0000-0002-6880-8060

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: September 2, 2019
Accepted: September 30, 2019

Значение оценки истинного расхода в энергии при критических состояниях

Адекватное восполнение энергетических потребностей и нутриентов посредством энтерального, парентерального или смешанного питания является неотъемлемой составляющей интенсивной терапии у детей в критических состояниях [1–3]. У здоровых людей суточная потребность в энергии определяется преимущественно их основным обменом, энергией, затрачиваемой на переваривание пищи, и уровнем физической активности. Основной обмен, зависящий от антропометрических характеристик, незначительно изменяется день ото дня и может быть рассчитан по формулам, например по формуле Харриса–Бенедикта [4].

Пациенты в критических состояниях физически не активны, а их потребности в энергии зависят от характера и тяжести полученных повреждений и выраженности синдрома системной воспалительной реакции (ССВР). Это, а также применение методов интенсивной терапии, определяет метаболическую нестабильность больных и проблемы в оценке основного обмена [5–7]. Наиболее сложной группой пациентов ОРИТ являются дети, поскольку в силу возраста и относительно небольшой массы тела

DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
Обзоры

они обладают меньшим запасом питательных субстратов, а также характеризуются повышенными потребностями в энергии в связи с быстрыми темпами роста [1].

Обширные повреждения мягких тканей (размозжения, раны, ожоги), тяжелая сочетанная травма сопровождаются развитием синдрома гиперметаболизма-гиперкатаболизма, что приводит к повышению энергетических потребностей пациента [1, 8, 9]. Пациенты с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) отличаются от других групп больных отделений реанимации тем, что наиболее часто требуют применения наркотических и седативных препаратов и миорелаксантов для поддержания лечебно-охранительного режима, а также использования искусственной гипотермии, что приводит к изменению метаболизма [10]. Энергетические потребности пациентов с тяжёлой ЧМТ зависят от уровня сознания, наличия инфекции или сопутствующих повреждений, температуры тела и других факторов. Напротив, у пациентов с позвоночно-спинальной травмой потребности в энергии снижаются [11]. Стрессовая реакция при критических состояниях сопровождается нарушениями метаболического гомеостаза, проявляющимися повышенным распадом белков с большими суточными потерями азота, активным глюконеогенезом с одновременным снижением толерантности к глюкозе, усилением липолиза. При тяжёлой ЧМТ степень выраженности гиперкатаболизма напрямую зависит от выраженности неврологического дефицита, при этом преимущественно используются эндогенные энергетические субстраты [12].

Повышению энергетических потребностей способствуют гигиенические процедуры, инвазивные и неинвазивные диагностические мероприятия, нарушение синхронизации с респиратором при проведении ИВЛ, тогда как сон и лечебно-охранительный режим их снижают [13]. Неожиданное сочетание разнонаправленных факторов, определяемых особенностями критического состояния и проводимой интенсивной терапией, приводит к значимой изменчивости энергетических потребностей пациентов [14]. О влиянии на метаболизм пациента таких компонентов интенсивной терапии, как лечебно-охранительный режим, искусственная вентиляция легких, вазопрессорная и инотропная поддержка, искусственная гипотермия, свидетельствует и ряд других исследований [15]. Существуют рекомендации о том, что при значительных энергетических тратах целесообразно снижение потребности в энергии путем погружения пациента в медикаментозную кому, проведение управляемой гипотермии, использование фармакологической коррекции (пропранолол), уменьшение потерь с раневых поверхностей и санация гнойных очагов с помощью хирургического пособия [16]. В то же время, недостаточно изучено воздействие на энергетические потребности пациентов непрерывно внедряемых новых методов интенсивной терапии (в частности экстракорпоральная мембранная оксигенация, различные способы экстракорпоральной детоксикации) [15].

По многочисленным данным литературы, несоответствие требуемой нутритивной поддержки нарастающей энерготрате ухудшает результаты интенсивной терапии и увеличивает риск развития неблагоприятных исходов в связи с замедлением репаративных процессов, снижением иммунитета, присоединением инфекционных осложнений, развитием полиорганной недостаточности [1, 5, 17].

Отрицательным фактором, влияющим на результаты интенсивной терапии, может быть избыточное питание (гипералиментация), поскольку оно приводит к повышению образования и экскреции CO_2, увеличивая нагрузку на дыхательную систему и осложняя процесс отлучения пациентов от аппарата ИВЛ, вызывает развитие гипергликемии, лактат-ацидоза и гиперлипидемии, увеличивает образование недоокисленных продуктов обмена [13, 14, 18]. Результаты ряда исследований, обобщённые в рекомендациях по клиническому питанию ESPEN, демонстрируют более низкую выживаемость пациентов, получавших большее суточное количество калорий [19]. Всё это обусловливает требование к гибкости программы нутритивной поддержки пациентов в критических состояниях для исключения гипо- и гипералиментации и связанных с ними осложнений.

Одной из ключевых проблем при разработке программы нутритивной поддержки пациентов в ОРИТ является определение текущих энергетических потребностей пациента в критическом состоянии в условиях проводимой интенсивной терапии.

Сравнительный анализ методов оценки энергетических потребностей

В клинической практике для оценки величины энергетических потребностей применяют различные методы исследования, включающие определение расхода энергии в покое с использованием расчётных формул по газам крови и сердечному выбросу, определяемому методом Фика путём расчёта по величине экскретируемого с суточной мочой азота мочевины, а также с помощью инструментального измерения методом непрямой калориметрии.

В настоящее время известно более 200 формул, позволяющих с той или иной степенью достоверности рассчитать энергетические потребности организма [20]. Определение энерготраты путём математического расчёта по формулам привлекает исследователей тем, что не требует затрат на специальное оборудование и реактивы, не занимает много времени и безопасно для пациента. Основным недостатком таких часто используемых для расчётов энергопотребности формул, как Харриса–Бенедикта [21], Mifflin [22], является то, что они были исходно получены по результатам клинических исследований на здоровых добровольцах. Так, в исследовании Diener J.R.C. [13] было показано, что использование уравнения Харриса-Бенедикта позволяет определить расход энергии с точностью до 10% у 80–90% здоровых людей, тогда как у пациентов в критических состояниях данная формула даёт правильные величины расхода энергии менее, чем в 50% случаев. Другие расчётные формулы были получены в ряде клинических исследований при малой выборке пациентов определённой возрастной группы и с узкой патологией. Как, например уравнение Brandi, которое было определено на основе анализа энерготраты у 26 взрослых пациентов в остром периоде травмы, находящихся на ИВЛ [23]. Формула Торонто для расчёта энергетических потребностей была создана для взрослых больных с ожоговой травмой [24]. Расчётные формулы, учитывающие данные респираторного мониторинга, не могут быть применены у пациентов на самостоятельном дыхании [15]. Наиболее точной для оценки величины истинной энерготраты у взрослых пациентов в настоящее время признана формула PennStateUniversity [25, 26]. Погрешности применения расчётных методов для определения текущего расхода энергии при критических состояниях могут быть обусловлены динамикой массы тела пациентов, отражающей преимущественно изменение водного баланса на фоне проводимой инфузионно-трансфузионной терапии [27].

Таким образом, расчётные формулы определения текущей величины энерготраты могут быть применены лишь для определённой популяции пациентов, соответствующей по своим критериям той патологии и возрастной группе, на основе которой была разработана данная формула, и мало сопоставимы между собой [15, 20].

DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
Reviews

Метод Фика, используемый для измерения сердечного выброса путём термодилюции, а также измерения содержания кислорода в артериальной и смешанной венозной крови, требует катетеризации лёгочной артерии и традиционно используется у больных в критических состояниях, имеющих показания к установке катетера Сван-Ганса. Величина дыхательного коэффициента при этом по умолчанию признается константой. Ограничения в применении метода для определения величины истинной энерготраты связаны с тем, что лишь малая доля больных, особенно детского возраста, имеет показания к катетеризации лёгочной артерии, ошибка расчёта сердечного выброса этим методом достигает 15%, а газовый состав крови изменчив в условиях интенсивной терапии [28]. В педиатрической практике дополнительным ограничением применения метода является, наряду с вышеперечисленным, его инвазивность.

Оценка расхода энергии на основании измерения величины экскреции азота мочевины в суточной моче, как показано в исследовании Завертайло и соавт. [14], приводит к завышению величины энергопотребности организма больного, в среднем, на 300 ккал/сутки.

В связи с этим авторы предложили учитывать разработанные ими коэффициенты регрессионного анализа, что позволило им получать значения, совпадающие с результатами непрямой калориметрии. Метод, основанный на оценке измерения величины экскреции азота мочевины в суточной моче, требует ежедневного сбора, строгого учёта и проведения анализа суточной мочи больного в критическом состоянии и позволяет только ретроспективно (за предшествующие сутки) оценивать величину истинного расхода энергии.

Непрямая калориметрия как метод исследования энергетических потребностей организма появилась около века назад. В 1949 г. Вейр создал уравнение для расчёта энергетических потребностей по количеству потребленного кислорода и выделенного углекислого газа [29]. До 50-х годов XX века в клинической практике непрямую калориметрию использовали преимущественно для оценки функции щитовидной железы по ее влиянию на основной обмен [13]. С появлением новых методов исследования функционального состояния щитовидной железы интерес к непрямой калориметрии угас, но возродился в 70-х годах прошлого века с активным внедрением нутритивной поддержки в комплекс интенсивной терапии больных в критических состояниях. Первые непрямые калориметры были громоздки, а сам процесс исследования – трудоёмким, поэтому непрямая калориметрия проводилась только в условиях специальных лабораторий. Только в 80-х годах прошлого столетия появились первые мобильные метаболографы, которые обусловили возможность их применения в клинических условиях, непосредственно у постели больного [30].

Современный метод непрямой калориметрии также основан на анализе газового состава и объёма вдыхаемой и выдыхаемой газовоздушной смеси. У пациентов на самостоятельном дыхании измерения проводятся с помощью специального купола или герметично прилегающей лицевой маски. У пациентов на ИВЛ датчик потока встраивается непосредственно в дыхательный контур.

Как и любой другой метод исследования, непрямая калориметрия имеет свои ограничения. Важным условием получения корректного результата является полный покой пациента до и во время проведения исследования, что нередко трудно достичь в педиатрической интенсивной терапии. Большинство метаболографов не предназначены для проведения непрямой калориметрии у детей младше одного года и у ребёнка с массой тела менее 10 кг. При проведении непрямой калориметрии у больных на ИВЛ не рекомендуется изменять параметры дыхания в течение полутора часов до начала исследования и проводить исследование у пациентов с фракцией кислорода во вдыхаемой смеси более 60%, а также у больных, требующих высокого ПДКВ или при триггировании аппарата ИВЛ по потоку [31]. Непрямая калориметрия может давать высокую погрешность в получаемых результатах из-за негерметичности дыхательного контура или при наличии сброса воздуха через плевральный дренаж [32]. Не до конца изучен вопрос об адекватности результатов непрямой калориметрии у пациентов в период проведения сеанса экстракорпоральной мембранной оксигенации [32] в ходе высокочастотной вентиляции лёгких [31], на фоне выполнения сеансов заместительной почечной терапии или при альбуминовом диализе. В ряде исследований показано, что результаты непрямой калориметрии могут различаться в зависимости от использования метаболографов разных производителей [33, 34].

Сравнительная характеристика методов оценки энергетических потребностей у больных в критических состояниях

В большинстве стационаров в качестве эталонной формулы для оценки основного обмена и истинного расхода энергии у больных в критических состояниях до сих пор используется формула Харриса–Бенедикта [21]. Во многом это связано со стоимостью оборудования и затратой усилий персонала для исследования основного обмена и истинного расхода энергии методом непрямой калориметрии. Тем не менее, в отечественной и зарубежной литературе встречается достаточное количество публикаций, посвящённых сравнению величин энергетических потребностей пациентов в критических состояниях, полученных расчётным методом и измеренных с помощью непрямой калориметрии.

Так, в Бразильском журнале интенсивной терапии (RBTI) опубликованы результаты клинического исследования, в котором проводилось сравнение энергетических потребностей, одновременно измеренных методом непрямой калориметрии и рассчитанных по формуле Харриса–Бенедикта у септических пациентов [17]. Для всех пациентов обоих полов в возрасте от 17 до 65 лет рассчитывали основной обмен по формуле Харриса–Бенедикта и истинный расход энергии (путём введения в формулу поправочных коэффициентов на характер повреждения, температуру тела и фактор активности пациента), одновременно исследуя те же показатели методом непрямой калориметрии. Оказалось, что величины истинного расхода энергии, определённые расчётным методом, в 1,5 раза превышали полученные при непрямой калориметрии. Авторы отметили корреляцию снижения истинного расхода энергии с неблагоприятным исходом у пациентов с сепсисом; развитие гиперметаболизма с повышенной продукцией и затруднённым выведением из организма CO_2 при присоединении острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), что вело к пролонгированию ИВЛ. Авторы статьи сделали вывод о лабильности энергетического обмена у больных в критических состояниях, что затрудняло прогноз и адекватность нутритивной поддержки и обосновывало необходимость непрямой калориметрии для оценки истинного расхода энергии. В другом исследовании [35] у 15 пациентов, перенёсших септический шок, после нормализации волемического статуса и стабилизации гемодинамики, оцениваемой инвазивно, больным определяли энергетические потребности методом непрямой калориметрии наряду с расчётом по уравнению Brandi и с использованием метода Фика.

DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
Обзоры

Было показано, что величины истинной энерготраты, измеренные методом непрямой калориметрии и рассчитанные по формуле Brandi, оказались сопоставимы, а величины энерготраты, полученные с использованием метода Фика, занижали потребности пациента в энергии.

В проспективном когортном исследовании оценивали нутритивный статус и адекватность нутритивной поддержки у 106 больных в послеоперационном периоде [36]. Оказалось, что у всех пациентов имелась нутритивная недостаточность, тяжесть которой возрастала у пациентов, требовавших респираторной поддержки. Сравнительная оценка результатов нутритивной терапии, подбираемой по данным непрямой калориметрии и расчетного метода по формуле Харриса–Бенедикта у пациентов на самостоятельном дыхании и при проведении ИВЛ, выявила, что показатели нутритивного статуса (динамика сывороточного уровня альбумина, трансферрина, холестерина и лимфоцитов) были лучше у тех пациентов, которым нутритивную поддержку оказывали исходя из результатов непрямой калориметрии. Авторы подчеркнули, что для адекватной оценки и возмещения потребности в энергии в первые 7 сут острого периода целесообразно ежедневное проведение непрямой калориметрии интенсивной терапии, в одно и то же время в течение 1 ч.

В исследованиях Kearns [37], Rodrigues [38], Young [39], Гумаровой и др. [11, 40], у пациентов с позвоночно-спинальной травмой, было показано превышение рассчитываемых по формуле Харриса–Бенедикта показателей энергетических потребностей пациентов над измеренным методом непрямой калориметрии. Авторы отметили, что при развитии тетраплегии у больных с высоким (шейным) уровнем поражения спинного мозга, энергетические потребности организма достоверно ниже, чем у больных с параплегией при средне-грудном и поясничном уровне поражения.

Сравнительная характеристика методов оценки энергетических потребностей у детей в критическом состоянии

Разработка формул для расчёта величин истинного расхода энергии у детей более сложна, чем у взрослых пациентов, в связи с большим разбросом антропометрических показателей даже в пределах одной и той же возрастной группы.

Vasquez Martinez I.L. и соавт. [41] в проспективном исследовании 43 детей на ИВЛ сравнили результаты непрямой калориметрии с полученными путём расчётов по 10 формулам. Все расчётные величины сильно различались между собой и завышали энергетические потребности в сравнении с величинами, полученными методом непрямой калориметрии, за исключением полученных по формулам Fleisch и Caldwell-Kennedy. В другом исследовании у 52 детей с бронхолёгочной дисплазией (БЛД) и 30 здоровых детей Bott L. и соавт. [42] сопоставили величины истинного расхода энергии в покое, рассчитанные по формулам Харриса–Бенедикта, Шофилда и FAO, с измеренными методом непрямой калориметрии. Было установлено, что среди детей с БЛД наблюдалось наибольшее совпадение расчётных показателей с полученными методом непрямой калориметрии, что авторы объяснили особенностями газообмена в поражённых лёгких.

Исследованием Suman O.E. и соавт. [43] было показано, что у детей с тяжёлыми ожогами (более 40% площади тела) расчёты величины истинной энерготраты по формулам приводят к заниженному результату. В своём исследовании Лекманов А.У. и Ерпулева Ю.В. [44] также провели сравнение известных формул для расчёта энергетических потребностей детей с ожоговой травмой и сопоставили полученные расчётные показатели с результатами измерений методом непрямой калориметрии. Ими было показано, что при составлении адекватной программы нутритивной поддержки необходимо ориентироваться на величины истинного расхода энергии, измеренные методом непрямой калориметрии.

Подробный сравнительный анализ методов оценки нутритивной потребности представлен в опубликованном Протоколе нутритивной терапии детей в критическом состоянии [45]. Авторы проанализировали наиболее используемые формулы для расчёта энергетических потребностей пациентов (Харрис–Бенедикт, Айртон–Джонс, Шофилд и другие), отметив выявленные недостатки, и подчеркнули преимущество использования непосредственного измерения истинного расхода энергии у постели больного методом непрямой калориметрии.

Заключение

Таким образом, большинство исследователей приходят к выводу, что существующие расчётные уравнения не дают корректных значений истинного расхода энергии у нестабильных пациентов, особенно у детей в критических состояниях. Во многом это связано с тем, что большинство формул было разработано до внедрения в практику новых методов интенсивной терапии, существенно меняющих энергетические потребности пациентов. Во всех анализируемых исследованиях подчёркивается необходимость перехода к объективным методам определения расхода энергии для снижения риска гипо- и гипералиментации [46]. Согласно международным рекомендациям последних лет, непрямая калориметрия является «золотым стандартом» метаболического мониторинга в ОРИТ, позволяющим достоверно и оперативно оценивать меняющиеся энергетические потребности пациентов непосредственно у постели больного [47].

Метод получил заслуженное признание во всём мире, однако несмотря на большое количество исследований, посвящённых проблемам метаболического мониторинга в ОРИТ различного профиля, лишь малая их доля затрагивает особенности энергетических потребностей детей в критических состояниях. Это обусловливает необходимость дальнейшего углублённого изучения величины и динамики энерготрат у пациентов педиатрических ОРИТ с целью обеспечения адекватной нутритивной поддержки и улучшения исходов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: сбор и обработка материала – Глебова Е.С., Иванова–Давыдова Е.В.; написание текста – Глебова Е.С., редактирование текста – Амчеславский В.Г.

ЛИТЕРАТУРА

(пп. 7, 10, 13, 15, 17–19, 21–35, 37–39, 41–43, 46, 47 см. в REFERENCES)

1. Ерпулева Ю.В., Лекманов А.У. Современные проблемы нутритивной поддержки у детей в ОРИТ. Зачем? Когда? Сколько? *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2011; 3: 85-91.
2. Лекманов А.У., Ерпулева Ю.В., Буш А.А., Суворов С.Г. Российские национальные обсервационные исследования применения нутритивной поддержки у детей в отделениях интенсивной терапии «Нутрипед.ру». *Актуальные вопросы в анестезиологии.* 2014; 5: 41-5.
3. Шень Н.П., Сучков Д.В., Сайфитдинов Ю.Х. Нутритивная поддержка в педиатрии. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2011; 3: 78-84.
4. Александрович Ю.С., Александрович И.В., Пшениснов К.В. Скрининговые методы оценки нутритивного риска у госпитализированных детей. *Вестник интенсивной терапии.* 2015; 3: 24-30.

DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
Reviews

5. Лейдерман И.Н., Николенко А.В., Сивков О.Г. *Нутритивная поддержка в отделении реанимации и интенсивной терапии. Стандартные алгоритмы и протоколы*. М.: 2010.
6. Шестопалов А.Е., Пасько В.Г., Стец В.В., Половников С.Г., Панова Н.Г. Нутритивная поддержка у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. *Медицинский алфавит. Неотложная медицина*, 2011; 4: 35-40.
8. Шестопалов А.Е. Метаболический ответ организма на агрессивное воздействие. В кн.: под ред. Луфта В.М., Багненко С.Ф., Щербука Ю.А. Р*уководство по клиническому питанию*. СПб, 2010: 83-103.
9. Дундаров З.А., Майоров В.М. Основные проблемы проведения нутритивной поддержки у пациентов в критических состояниях. *Новости хирургии.* 2009; 17(2): 119-29.
11. Гумарова Л.Ш., БодроваР.А., НазиловаА.Я., Бусургина Е.А. Принципы комплексной коррекции нарушений нутритивного статуса у лиц с травматической болезнью спинного мозга. *Вестник современной клинической медицины.* 2018; 11(5): 30-4.
12. Сабиров Д.М., Хайдарова С.Э., Батиров У.Б., Дадаев Х.Х. Нутритивная поддержка как важнейший компонент сопроводительной терапии при черепно-мозговой травме. *Вестник экстренной медицины*. 2018; 11(2): 87-93.
14. Завертайло Л.Л., Семенькова Г.В., Лейдерман И.Н. Корреляция расхода энергии и потерь азота у больных с острым церебральным повреждением сосудистого и травматического генеза. *Общая реаниматология*. 2010, VI(4): 18-21.
16. Ильинский М.Е., Лященко Ю.Н., Рык А.А., Бочаров Д.Э. Современные возможности снижения интенсивности гиперметаболизма при тяжелой термической травме (обзор литературы). *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь.* 2016; 3: 55-64.
20. Ефремов С.М., Талабан В.О., Артемьева В.В., Дерягин М.Н., Ломиворотов В.В. Теория и практика определения энергетических потребностей пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2016; 13(4): 61-7.
36. Поляков И.В., Золотухин К.Н., Лейдерман И.Н. Влияние искусственной вентиляции легких на реальную энергопотребность у пациентов хирургического отделения реанимации и интенсивной терапии. *Креативная хирургия и онкология.* 2017, 2: 16-21.
40. Гумарова Л.Ш., Бодрова Р.А. Потребность в нутритивной поддержке у пациентов с последствиями травм центральной нервной системы. *Журнал неврологии и психиатрии.* 2016; 3: 83-7.
44. Лекманов А.У., Ерпулева Ю.В. Использование метода непрямой калориметрии в отделении интенсивной терапии у детей. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2011; 3: 3-8.
45. Шмаков А.Н., Александрович Ю.С., Степаненко С.М. Протокол. Нутритивная терапия детей в критических состояниях. *Анестезиология и реаниматология,* 2017; 1: 16-25.

R E F E R E N C E S

1. ErpulevaYu.V., Lekmanov A.U. Modern problems of nutritional support in children in the ICU. What for? When? How many? *Rossiyskiy vestnik detskoy khirurgii, anesteziologi i ireanimatologii.* 2011; 3: 85-91. (In Russian)
2. Lekmanov A.U., ErpulevaYu.V., Bush A.A., Suvorov S.G. Russian national observational studies on the use of nutritional support in children in intensive care units “Nutriped.ru”. *Aktual’nye voprosy v anesteziologii*. 2014; 5: 41-5. (In Russian)
3. Shen’ N.P., Suchkov D.V., SayfitdinovYu.Kh. Nutritional support in pediatrics. *Rossiyskiy vestnik detskoy khirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. 2011; 3: 78-84. (In Russian)
4. Aleksandrovich Yu.S., Aleksandrovich I.V., Pshenisnov K.V. Screening methods for assessing nutritional risk in hospitalized children. *Vestnik intensivnoy terapii*. 2015; 3: 24-30. (In Russian)
5. Leyderman I.N., Nikolenko A.V., Sivkov O.G. *Nutritional support in the intensive care unit. Standard algorithms and protocols. [Nutritivnaya podderzhka v otdelenii reanimatsii i intensivnoi terapii. Standartnye algoritmy i protokoly]*. Moscow: 2010. (In Russian)
6. Shestopalov A.E., Pas’ko V.G., Stets V.V., Polovnikov S.G., Panova N.G. Nutritional support in patients with severe concomitant injury. Meditsinskiy alfavit. *Neotlozhnaya meditsina*,.2011; 4: 35-40. (In Russian)
7. Kiyama T., Efron D.T., Tantry U., Barbul A. Trauma and wound healing: role of the route of nutritional support. *International journal of surgical investigation*. 2001; 2 (6): 483-9.
8. Shestopalov A.E. Metabolic response of the body to aggressive effects. In: eds. Lufta V.M., Bagnenko S.F., ShcherbukaYu.A. *Guide to clinical nutrition[Rukovodstvo po klinicheskomu pitaniyu]*. Sankt Petersburg. 2010: 83-103. (In Russian)
9. Dundarov Z.A., Mayorov V.M. The main problems of nutritional support in patients with critical conditions. *Novosti khirurgii*. 2009; 17(2): 119-29. (In Russian)
10. Joosten K., et al. *ESPGHAN/ESPEN/ESPR guidelines on pediatric parenteral nutrition: Energy*. Clinical Nutrition, 2018: 1-6.
11. Gumarova L.Sh., Bodrova R.A., NazilovaA.Ya., Busurgina E.A. Principles of complex correction of nutritional status disorders in individuals with traumatic spinal cord disease. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny*. 2018; 11(5): 30-4. (In Russian)
12. Sabirov D.M., Khaydarova S.E., Batirov U.B., DadaevKh.Kh. Nutritional support as an essential component of accompanying therapy for traumatic brain injury. *Vestnik ekstrennoy meditsiny.* 2018; 11(2): 87-93. (In Russian)
13. Diener, J.R.C. Calorimetria indireta. *Rev. Ass. Med. Brasil.*. 1997; 43(3): 245-53.
14. Zavertaylo L.L., Semen’kova G.V., Leyderman I.N. Correlation of energy consumption and nitrogen losses in patients with acute cerebral damage to the vascular and traumatic genesis. *Obshchaya reanimatologiya*. 2010, VI(4): 18-21. (In Russian)
15. Raynard B. Place de la calorimétrie indirect et des formules estimant la dépense énergétique des malades de reanimation. *Nutrition Clinique et Métabolisme*. 2009; 23(4): 192-7.
16. Il’inskiy M.E., LyashchenkoYu.N.,Ryk A.A., Bocharov D.E. Modern possibilities of reducing the intensity of hypermetabolism with severe thermal injury (literature review). *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo. Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch’*. 2016, 3: 55-64. (In Russian)
17. Coletto F.A. et al. Análise comparativa do gasto energético entre as equações de Harris-Benedict e de Long e a calorimetria indireta em pacientes sépticos. *RBTI.* 2003; 15(3): 93-100.
18. Brogi et al. Nutrizione e malnutrizione in terapia intensive cardiologica. Nozioni di base per il cardiologico clinico. *G. Ital. Cardiol*.. 2016; 17(4): 259-67.
19. Kreymann K.G. et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clinical Nutrition*. 2006; 25: 210-23.
20. Efremov S.M., Talaban V.O., Artem’eva V.V., Deryagin M.N., Lomivorotov V.V. Theory and practice of determining the energy needs of patients in reanimation and intensive care departments. *Vestnik anesteziologii I reanimatologii*. 2016; 13 (4): 61-7. (In Russian)
21. Harris J.A., Benedict F.A. A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC; 1919.
22. Mifflin et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am. J. Cl. Nutr.,* 1990; 51: 241-7.
23. Brandi L.S. et al. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients. *Crit. Care Med*.. 1999; 27: 2684-9.
24. Garrel D, Patenaude J, Nedelec B, et al. Decreased mortality and infectious morbidity in adult burn patients given enteral glutamine supplements: a prospective, controlled, randomized clinical trial. *Crit Care Med* . 2003;31: 2444–9.
25. Boullata J., Williams J., Cottrell F., Hudson L. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *Journal of the American Dietetic Association*. 2007; 107(3): 393-401.
26. MacDonald A., Hildebrandt L. Comparison of formulaic equations to determine energy expenditure in the critically ill patient. *Nutrition.* 2003; 19(3): 233-9.
27. ESPGHAN/ESPEN/ESPR guidelines on pediatric parenteral nutrition: Fluid and electrolytes. Jochum F., Moltu S.J., Senterre T., Nomayo A., Goulet O., Iacobelli S., the ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN working group on pediatric parenteral nutrition: Fluid and electrolytes. *Clinical Nutrition*. 2018; 1 - 10, https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.06.948
28. Oshima et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical Nutrition*. 2017; 36: 651-62.
29. Weir V. A new method for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949; 109:1-9.
30. Holdy K.E. Monitoring Energy metabolism with indirect calorimetry: Instruments, Interpretation, and Clinical Application. *Nutrition in Clinical Practice*, 2004; 19(5): 447-54.
31. Sion-Sarid R. et al. Indirect calorimetry: A guide for optimizing nutritional support in the critically ill child. *Nutrition*. 2013; 29: 1094-9.
32. De Waele E. et al. Measuring resting energy expenditure during extracorporeal membrane oxygenation: preliminary clinical experience

DOI: http://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334

with a proposed theoretical model. *Acta. Anaesthesiol. Scand*. 2015; 59: 1296-302.
33. Singer P., Pogrebetsky I., Attal-Singer J. et al. Comparison of metabolic monitors in critically ill, ventilated patients. *Nutrition*. 2006; 22: 1077-86.
34. Sundström M., Tjäder I., Rooyackers O. et al. Indirect calorimetry in mechanically ventilated patients. A systematic comparison of three instruments. *Clinical Nutrition.* 2013; 32: 118-21.
35. Basile-Filho Anibal et al. Gasto energetico em pacientes sépticos: Correlação entre a calorimetria indireta e as equações preditivas derivadas a partir de dados hemodinâmicos. *RBTI.* 2003; 15(3): 101-7.
36. Polyakov I.V., Zolotukhin K.N., Leyderman I.N. The effect of mechanical ventilation on the actual energy needs of patients in the departments of surgical resuscitation and intensive care. *Kreativnaya khirurgiya i onkologiya*. 2017, 2: 16-21. (In Russian)
37. Kearns P.J., Thompson J.D., Werner P.C., Pipp T.L., Wilmot C.B. Nutrition a land metabolic response to acute spinal-cord injury. JPEN *J. Parenter. Enteral. Nutr.* 1992; 16(1): 11-5.
38. Rodriguez D.J., Benzel E.C., Clevenger F.W. The metabolic response to spinal cord injury. *Spinal Cord*., 1997; 35(9): 599-604.
39. Young B., Ott L., Twyman D. The effect of nutritional support on outcome from severe head injury. *J. Neurosurg*.. 1987; 67(5): 668-76.
40. Gumarova L.Sh., Bodrova R.A. The need for nutritional support in patients with consequences of central nervous system injuries. *Zhurnal nevrologii i psikhiatrii.* 2016, 3: 83-7. (In Russian)
41. Vazquez Martinez J.L., Martinez-Romillo P.D., Diez Sebastian J., Ruza Tarrio F. Predicted versus measured energy expenditure by continuous, online indirect calorimetry in ventilated, critically ill children during the early postinjury period. *Pediatr. Crit. Care Med*. 2004; 5: 19-27.
42. Bott L., Beghin L, Marichez C, Gottrand F. Comparison of resting energy expenditure in bronchopulmonary dysplasia to predict equation. Eur. *J. Clin. Nutr*., 2006; 60: 1323-9.
43. Suman O.E., Mlkak R.P., Chinkes D.L., Herndon D.N. Resting energy expenditure in severely burned children: analysis of agreement between indirect calorimetry and prediction equations using Bland-Altman method. *Burns*. 2006; 32: 335-42.
44. Lekmanov A.U., ErpulevaYu.V. Using the method of indirect calorimetry in children in the intensive care department. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2011, 3: 3-8. (In Russian)
45. Shmakov A.N., AleksandrovichYu.S., Stepanenko S.M. Protocol. Nutritional treatment of children in critical conditions. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2017, 1: 16-25. (In Russian)
46. MetteDokken R.N., Tone Rustøen R.N., Audun Stubhaug M.D. Indirect Calorimetry Reveals That Better Monitoring of Nutrition Therapy in Pediatric Intensive Care Is Needed. *JPEN*. 2015; 39 (3): 344-52.
47. Singer P., et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition*. 2019;38: 48-79.

Поступила 02 сентября 2019
Принята 30 сентября 2019