

DOI: <https://doi.org/10.17816/clinutr624887>

Выбор методов оценки метаболического статуса у пациента в отделении реанимации

Е.Д. Слестников¹, А.В. Власенко^{1, 2}, Е.А. Евдокимов², А.Е. Шестопалов², Е.П. Родионов^{1, 2}, А.Г. Корякин¹, И.С. Ключев¹, В.И. Маковей², В.В. Ерофеев²

¹ Городская клиническая больница имени С.П. Боткина, Москва, Россия;

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Адекватное нутритивное обеспечение пациента в критическом состоянии — до сих пор одна из основных, сложных и до конца не решённых проблем современной реаниматологии, которая, к сожалению, часто остаётся без должного внимания. В повседневной практике для адекватной коррекции нутритивной недостаточности врач-реаниматолог должен прежде всего правильно оценить трофологический статус пациента. В настоящее время существует большой выбор нутриентов и разных методов оценки метаболического статуса. В работе представлен критический анализ существующих методов оценки нутритивного статуса и алгоритмы персонализированного выбора каждого из них в конкретной клинической ситуации у пациентов в критическом состоянии.

Ключевые слова: метаболический статус; трофологический статус; нутритивная недостаточность; нутритивная поддержка; методы оценки нутритивного статуса; метаболические потребности.

Как цитировать:

Слестников Е.Д., Власенко А.В., Евдокимов Е.А., Шестопалов А.Е., Родионов Е.П., Корякин А.Г., Ключев И.С., Маковей В.И., Ерофеев В.В. Выбор методов оценки метаболического статуса у пациента в отделении реанимации // Клиническое питание и метаболизм. 2023. Т. 4, № 3. С. 111–139. DOI: <https://doi.org/10.17816/clinutr624887>

DOI: <https://doi.org/10.17816/clinutr624887>

The choice of methods for assessing the metabolic status of a patient in the intensive care unit

Evgeniy D. Slastnikov¹, Alexey V. Vlasenko^{1, 2}, Evgeniy A. Evdokimov², Alexander E. Shestopalov², Evgeniy P. Rodionov^{1, 2}, Albert G. Koryakin¹, Ivan S. Klyuev¹, Victoria I. Makovei², Vladimir V. Erofeev²

¹ S.P. Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russia;

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

Adequate nutritional support for critically ill patients has always been (and still remains) one of the main, complex and not fully resolved problems of modern intensive care, which, unfortunately, often remains without due attention. In everyday practice, in order to adequately correct nutritional deficiency, the resuscitator must, first of all, correctly assess the trophological status of the patient. Currently, there exists a large selection of nutrients and different methods for assessing metabolic status. The paper presents a critical analysis of existing methods for assessing the nutritional status and algorithms for the personalized choice of each of them in a specific clinical situation in critically ill patients.

Keywords: metabolic status; trophological status; nutritional deficiency; nutritional support; nutritional status assessment methods; metabolic needs.

To cite this article:

Slastnikov ED, Vlasenko AV, Evdokimov EA, Shestopalov AE, Rodionov EP, Koryakin AG, Klyuev IS, Makovei VI, Erofeev VV. The choice of methods for assessing the metabolic status of a patient in the intensive care unit. *Clinical nutrition and metabolism*. 2023;4(3):111–139.

DOI: <https://doi.org/10.17816/clinutr624887>

Submitted: 22.12.2023

Accepted: 07.02.2024

Published online: 11.03.2024

ВВЕДЕНИЕ

История применения нутритивной терапии официально начинается в 1793 году, когда английский хирург J. Hunter предложил вводить в желудочный зонд смесь из натуральных продуктов. В 1873 году канадский врач E.M. Hodder впервые успешно ввёл пациенту питательную смесь в виде очищенного молока внутривенно, что послужило началом эпохи парентерального питания. Однако до XX века все исследования в этом направлении были в большей степени теоретическими и не включали способы оценки недостаточности питания, пока в 1936 году хирург H.O. Studley не доказал связь между степенью нутритивной недостаточности и уровнем летальности в послеоперационном периоде [1].

С момента начала исследования нутритивной терапии, подходы и способы обеспечения пациентов питанием сильно менялись. На сегодняшний день можно выделить следующие наиболее принципиальные этапы:

1937 г. — Американский хирург R. Elman впервые успешно внутривенно ввёл смесь белковых гидролизатов.

1957 г. — В Швеции A. Wretling создал первую жировую эмульсию для внутривенного введения (интралипид).

1963 г. — Принято решение о создании Европейского сообщества по парентеральному и энтеральному питанию (ESPEN).

1975 г. — Под руководством А.А. Покровского созданы первые отечественные молочные смеси для энтерального питания (энпиты).

1991 г. — В.М. Луфт и А.М. Уголев впервые ввели в клиническую практику определение «трофологический статус» и критерии его оценки.

1996 г. — В.П. Панов, Т.С. Попова, В.А. Тутельян и др. организовали отечественную ассоциацию по энтеральному и парентеральному питанию (RSPEN) [2–4].

В основе адекватной нутритивной поддержки лежит не только создание и правильное введение современных нутриентов, но и адекватная оценка трофологического статуса пациента, понимание базисных положений физиологии и патофизиологии обмена веществ в организме.

Обмен веществ, или метаболизм, — это совокупность физико-химических превращений и химических реакций, обеспечивающих жизнедеятельность, рост, размножение и гомеостаз живых организмов, которая позволяет адекватно реагировать на воздействия окружающей среды. Все питательные вещества, поступающие в организм, можно разделить на две большие группы:

- 1. Макронутриенты.** Основные питательные вещества, необходимые для функционирования организма. К ним относятся белки, жиры и углеводы, которые являются основой пластического и энергетического обмена.
- 2. Микронутриенты.** Не являются источниками энергии и пластическим материалом, но выполняют не менее важную роль в процессе метаболизма продуктов питания, выступая в роли катализаторов химических

реакций. К ним относятся витамины и минеральные вещества. Несмотря на незначительную потребность в этих веществах, при нехватке даже одного микронутриента весь гомеостаз может быть полностью нарушен.

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

Обмен веществ в организме начинается со стадии расщепления полимеров до мономеров. Это происходит в результате последовательных ферментативных реакций в желудочно-кишечном тракте. При этом макронутриенты (белки, жиры и углеводы) расщепляются до более простых веществ (аминокислоты, жирные кислоты, глицерин, моносахара) с выделением небольшого количества энергии, которая сразу же реализуется в виде тепла [4, 5].

Белки

Суточная потребность здорового человека составляет примерно 70–100 г белков. Потреблённые белки начинают расщепляться в желудке под действием пепсина, который вырабатывают главные клетки слизистой оболочки. Соляная кислота, синтезируемая обкладочными клетками, также помогает гидролизовать белки, «разворачивая» их сложную структуру и предоставляя протеазам лучший доступ к пептидным связям (в желудке гидролизует 10–15% белка). В двенадцатиперстной кишке при контакте с желудочным соком активируются трипсин и другие протеазы (химотрипсин, эластаза, карбоксипептидаза), вследствие чего олигопептиды продолжают расщепляться до свободных аминокислот. Непереваренные пептиды (около 70% после протеазного расщепления) продолжают гидролизироваться в щёточной каёмке посредством специфичных ферментов и при помощи транспортных белков, после чего L-аминокислоты попадают внутрь энтероцитов. Некоторые ди- и трипептиды могут попадать в энтероциты в неизменённом виде и уже внутриклеточно подвергаются гидролизу пептидазами до образования свободных аминокислот, которые попадают в кровоток. Часть аминокислот начинает синтезироваться уже в клетках тонкой кишки: например, глутаминовая и аспарагиновая кислоты проходят реакцию трансаминирования с образованием кетоглутаровой кислоты и аланина. Следует отметить, что этот путь образования аминокислот отсутствует в условиях парентерального питания (рис. 1) [6, 7].

Липиды

Более 90% потребляемого жира представлено триглицеридами. Все биохимические процессы в организме происходят в водной среде, тогда как липиды и продукты их расщепления в основном гидрофобны. Очевидно, что для того, чтобы проникнуть внутрь клеток, липидное соединение должно сначала подвергнуться эмульгированию, а затем гидролизу.

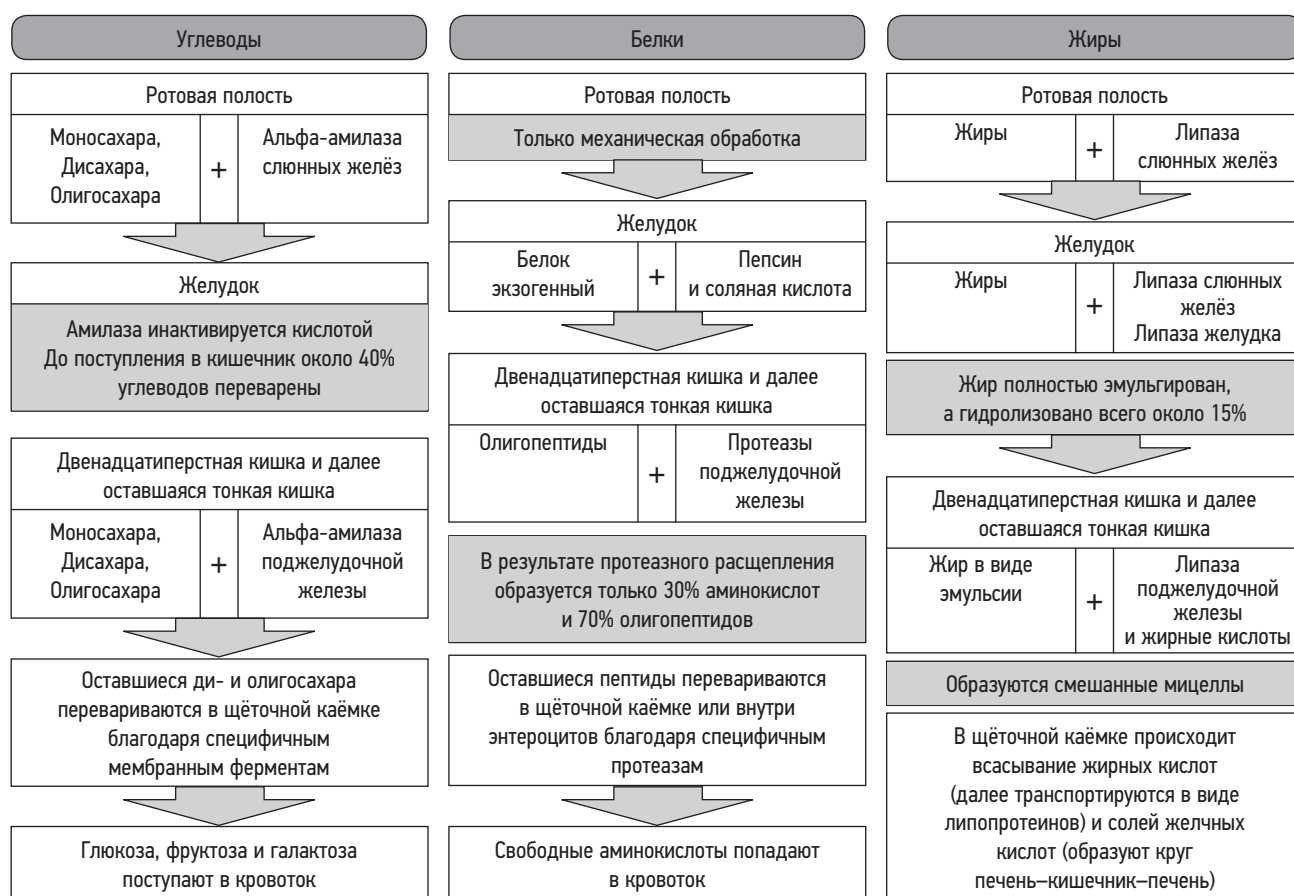


Рис. 1. Основные этапы метаболизма макронутриентов.

Fig. 1. The main stages of micronutrient metabolism.

Эмульгирование жиров начинается уже при приготовлении пищи и механическом её пережёвывании, а заканчивается в желудке взбиванием перистальтикой. Гидролиз жиров начинается в ротовой полости под действием липазы, вырабатываемой слюнными железами, и продолжается в желудке под действием липазы, вырабатываемой главными клетками слизистой оболочки. В результате этих процессов переваривается только 15% жиров. Капли эмульсии, поступающие из желудка, представляют собой сферы, в ядре которых находятся триглицериды и диглицериды, а оболочка состоит из полярных липидов, фосфолипидов, холестерина и т.д. В двенадцатиперстной кишке под действием панкреатической липазы и желчных кислот образуются смешанные мицеллы — это растворимые комплексы, обеспечивающие переход продуктов гидролиза (солей желчных кислот и смешанных липидов, таких как жирные кислоты, моноглицериды, лизофосфолипиды и холестерин) в энтероциты через нетронутый слой воды, омывающий щёточные мембраны. Там жирные кислоты протонируются и покидают смешанные мицеллы, чтобы либо диффундировать через липидные мембраны, либо временно превратиться в липиды клеточной стенки. Соли желчных кислот из смешанных мицелл остаются в просвете кишечника и позже всасываются в подвздошной

кишке, с кровотоком попадая в печень, а потом снова секретируются, поступая в желчь. Транспортной формой жиров являются липопротеины, которые синтезируются в тонкой кишке или печени и доставляют липидные компоненты в ткани организма (см. рис. 1) [6].

Углеводы

Углеводы составляют примерно 50–60% общей энергетической ценности рациона и представлены моносахаридами (глюкоза, фруктоза, галактоза), дисахаридами (лактоза, сахароза, мальтоза) и олигосахаридами (крахмал, гликоген). Переваривание углеводов начинается уже в ротовой полости благодаря альфа-амилазе слюны, которая проявляет свою активность до попадания пищевого комка в желудок. При взаимодействии с соляной кислотой амилаза инактивируется, но даже этого небольшого промежутка времени её активности достаточно для гидролиза 30–40% всего пула углеводов. В двенадцатиперстной кишке кислотность желудочного сока нейтрализуется бикарбонатами, и одновременно альфа-амилаза поджелудочной железы продолжает расщеплять углеводы. Непереваренные остатки ди-, три- и олигосахаридов гидролизуются в каёмках энтероцитов мембранными ферментами (мальтаза, лактаза, сахараза и др.). В результате моносахариды

попадают внутрь клеток при помощи белков-переносчиков (которые поглощают только D-изомеры). D-глюкоза и D-галактоза в основном переносятся активным Na-транспортёром глюкозы, а фруктоза — специфичными белками. Далее большая часть фруктозы преобразуется в глюкозу с выделением молочной кислоты. Полученные олигосахариды путём облегчённой диффузии попадают в кровоток (см. рис. 1) [6, 8].

На этом этапе метаболизма в кровь одновременно поступают мономеры всех потреблённых питательных веществ. С током крови необходимые субстраты доставляются в ткани и клетки организма или запасаются в определённых депо. При дальнейшей внутриклеточной трансформации образуются промежуточные продукты обмена (пировиноградная кислота, ацетил-КоА и др.), которые являются структурными субстратами для синтеза других необходимых нутриентов. Например, при нехватке углеводов и жиров эти вещества могут быть синтезированы из белков посредством преобразований в цикле Кребса. Цикл трикарбоновых кислот и окислительное фосфорилирование представляют собой конечные пути, в результате которых генерируется энергия и выделяются продукты обмена [9, 10].

Учитывая важную роль макронутриентов (белков, жиров и углеводов) в обеспечении гомеостаза, для лучшего понимания все существующие методики определения нутритивного статуса целесообразно достаточно условно разделить на группы в зависимости от того, какой вид обмена они оценивают в большей степени [2, 3, 11].

При этом следует отметить, что не существует «рафинированных» методик, целенаправленно определяющих состояние исключительно какого-либо одного вида обмена.

Методы оценки обмена веществ

Методы оценки белкового обмена

- **Антропометрические показатели.** Низкая специфичность, отражают не только белковый, но и другие виды обмена.
- **Росто-весовые показатели и их расчётные производные.** Масса тела (МТ), идеальная МТ, рекомендуемая МТ (РМТ), индекс Кетле и прочие, оценивают интегральное состояние нутритивного статуса.
- **Окружностные методы.** Окружность плеча (ОП), окружность мышц плеча (ОМП), окружность бедра (ОБ) и т.д., сходные с предыдущими по методологии и не позволяющие целенаправленно оценить состояние того или иного вида обмена.
- **Лабораторные методы.** Используемые в настоящее время рутинные лабораторные показатели не в состоянии чётко и однозначно выявить причины и степень выраженности нарушений белкового обмена, но позволяют, в сочетании с другими методиками, оценить адекватность белкового питания:

- общий белок крови и белковые фракции (альбумин, трансферрин, транстретин, ретинол-связывающий белок — РСБ);
- абсолютное число лимфоцитов;
- мочевины и азот мочи;
- азотистый баланс.

Методы оценки жирового обмена:

- антропометрические показатели (низкая специфичность);
- росто-весовые показатели — МТ, идеальная МТ, РМТ, индекс Кетле;
- окружностные методы — окружность живота (ОЖ), окружность шеи, ОБ;
- калиперометрические методы — кожно-жировая складка (КЖС) над трицепсом плеча, КЖС над бицепсом плеча, КЖС над углом лопатки, КЖС над паховой складкой;
- лабораторные методы (уровень холестерина, триглицеридов, фосфолипидов, липопротеинов и жирных кислот).

Методы оценки углеводного обмена

Лабораторные методы (глюкоза крови, кетоновые тела, уровень лактата и пирувата).

Комплексные методы оценки:

- биоимпедансометрия;
- двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия.

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ БЕЛКОВЫЙ ОБМЕН

Для определения потребностей в питательных веществах крайне важна оценка состава тела человека. Имеются более активные ткани, например, мышечная, которая для своего функционирования требует большого числа нутриентов. Жировая ткань, напротив, в метаболическом плане практически инертная. Определить качественный и количественный состав организма можно при помощи измерения антропометрических показателей с дальнейшим применением расчётных формул и интегральных таблиц или с помощью более инновационного метода — биоимпедансометрии [4, 12]. Из соматометрических методов наиболее информативными являются росто-весовые показатели и их расчётные производные (идеальная МТ, индекс Брока, индекс Одера, РМТ, индекс Кетле), а также окружностные методы (обхват грудной клетки, ОП, ОМП, ОБ).

Росто-весовые показатели и их расчётные производные

МТ — один из самых легко отслеживаемых показателей, который по существу является первичным

и в целом отражает соответствие энергетических затрат и полноценности рациона питания.

Динамика МТ напрямую коррелирует с состоянием здоровья пациента, его функциональными и адаптационными возможностями. Именно поэтому уже при первом контакте врача с пациентом необходимо определить его рост и МТ. При этом изолировано от других показателей для оценки трофологического статуса МТ будет малоинформативна, она может быть полезна только при динамическом наблюдении [13].

Следует подчеркнуть, что в медицинских калькуляторах используется не нормальная масса, а идеальная МТ — это расчётный показатель, который вычисляется на основании антропометрических данных. Считается, что при идеальной МТ человека обеспечивается наиболее высокий уровень здоровья и большая продолжительность жизни. Нормальная масса определяется как отклонение от идеальной на 10–20% и считается физиологической нормой [2, 11, 12].

Для расчёта идеальной МТ существует большое количество формул: Брока, Брока–Бругша, Брока с учётом комплекции, Креффа, Девина, Робинсона, Миллера, Мохаммеда, Борнгардта, Моннерота–Думайна, страховой компании Metropolitan Life, Лоренца, Поттона, Хамви, Наглера, Купера и т.д.

До недавнего времени одной из самых популярных оставалась формула Лоренса (разработанная в 1929 г.):

$$\begin{aligned} \text{PMT}_{\text{жен}} &= (P - 100) - ((P - 152) \times 0,4); \\ \text{PMT}_{\text{муж}} &= (P - 100) - ((P - 152) \times 0,2), \end{aligned}$$

где P — рост человека (см).

Результат, полученный по формуле Лоренса, можно принимать за идеальную МТ, и в дальнейшем использовать этот показатель для расчёта процента отклонения. Нормой считается разница не более 20%. Если фактическая МТ составляет 80–120% от рекомендуемой — это расценивается как лёгкая недостаточность или избыточность питания; 70–80% или 120–130% — как среднетяжёлая недостаточность/избыточность; при отклонении более или менее 30% от нормы — тяжёлая недостаточность или избыточность питания.

В 2019 году было проведено исследование на базе Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. В исследовании сравнивали расчётные показатели 16 самых популярных формул для определения идеальной МТ с результатами биоимпедансометрии. В результате наиболее точные и близкие значения показали формулы Борнгардта, Моннерота–Думайна и страховой компании Metropolitan Life. При этом формула Борнгардта показала самые достоверные результаты [14, 15].

Формула Борнгардта (1886 г.)

$$\text{Идеальная МТ} = (P \times \text{ОГК}) / 240,$$

где P — рост человека (см); ОГК — объём грудной клетки (см).

В настоящее время применяется одна формула расчёта, использующая для вычисления объёма грудной клетки. Сомнительные результаты могут получаться при наличии у исследуемых патологических типов грудной клетки: эмфизематозная, ладьевидная, паралитическая, рахитическая, воронкообразная или кифосколиотическая.

Формула Моннерота–Думайна

$$\text{Идеальная МТ} = (P - 100 + (4 \times \text{ОЗ})) / 2,$$

где P — рост человека (см); ОЗ — обхват запястья (мм).

При расчёте учитывают два показателя: рост пациента и обхват запястья, который, в свою очередь, является отражением типа конституции и костной массы.

Формула страховой компании Metropolitan Life

$$\text{Идеальная МТ} = 50 + 0,75 \times (P - 150) + (B - 20) / 4,$$

где P — рост человека (см); B — возраст (лет).

Метод был разработан страховой компанией Metropolitan Life на основе статистических данных, собранных за 40 лет (1943–1983 гг.), и предназначен для людей в возрасте от 25 до 59 лет. В вычислениях используют только два показателя: возраст пациента и его рост [14].

Следует отметить, что во всех исследованиях по составлению формул участвовали условно здоровые лица, поэтому экстраполяция данных этих методов на пациентов в критическом состоянии вызывает много вопросов. Кроме того, приведённые методы требуют дополнительных измерений и расчётов, что ограничивает их применение в рутинной практике, и свою популярность они имеют только в рамках научных исследований.

Индекс Кетле или индекс массы тела

Важную роль при первичной оценке статуса питания человека играет индекс Кетле, более известный как индекс МТ (ИМТ). Метод не требует дополнительных измерений и рассчитывается только с использованием ростовых показателей. Методика разработана в 1835 г. А. Кетле для общей характеристики степени физического развития. Позже метод был признан Всемирной организацией здравоохранения для оценки статуса питания у пациентов. Благодаря своей простоте в расчётах и минимально требуемым исходным данным на сегодняшний день является самым используемым. Индекс МТ определяется как отношение МТ к квадрату длины тела (табл. 1) [14, 16–18]:

$$\text{Индекс Кетле} = M / P^2,$$

где M — фактическая МТ (кг); P — рост человека (м).

Метод не специфичен, не учитывает возрастные и гендерные факторы, а также не позволяет дифференцировать, за счёт какого компонента тела идёт отклонение от нормы (жировой или мышечной ткани). Исследования, проведённые за последние 30 лет, показали, что выход индекса МТ за рамки референсных значений связан с увеличением риска заболеваемости и смертности. Резюмируя, можно отметить, что индекс Кетле не всегда корректен для использования на индивидуальном уровне, но имеет важное прогностическое значение для глобальной оценки нутритивного статуса в популяции.

Формула расчёта массы тела

В отделениях реанимации при отсутствии специально оборудованных кроватей определить МТ пациента достаточно затруднительно. В таких ситуациях возможно использование специальной формулы расчёта, основанной на измерении нескольких антропометрических показателей (рост, окружность запястья, ОЖ и ОБ). Несмотря на высокую погрешность в результатах, метод позволяет динамически отслеживать степень истощения [2, 4, 13].

$$m_{\text{тела}} = (457 \times P \times \text{ОЖ} \times \text{ОЗ} \times \text{ОБ}) / (0,98 \times \text{ОБ} + 1,6 \times \text{ОЗ}),$$

где P — рост человека (см); ОЗ — обхват запястья (см); ОЖ — окружность живота (см); ОБ — окружность бедра (см).

Положительные стороны роста-весовых показателей:

- просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования;
- не требуют большого количества времени реализации;
- прикроватные.

Недостатки роста-весовых показателей:

- неспецифичность (должны рассматриваться только как компонент комплексной оценки нутритивного статуса);
- невозможность применения при развитии у пациента водно-секторальных нарушений;
- невозможность дифференцировать, за счёт какой ткани идёт истощение (жировой или мышечной);
- затруднённая интерпретация результатов при избытке жировой ткани;
- погрешность в результатах при использовании расчётных методов;
- ретроспективное отражение недостаточности питания.

Таким образом, можно заключить, что методы оценки трофологического статуса пациента, основанные на измерении роста-весовых показателей, с одной стороны, достаточно просты в использовании, а с другой — не специфичны и во многих ситуациях малоинформативны. Именно поэтому все они могут использоваться только в качестве компонента комплексного и динамического контроля состояния питания у относительно стабильных пациентов.

Таблица 1. Оценка трофологического статуса пациента по индексу массы тела

Table 1. Assessment of the patient's trophological status by body mass index

Индекс массы тела	Трактовка показателя
Менее 15	Гипотрофия III степени
15–16,9	Гипотрофия II степени
17–18,9	Гипотрофия I степени
19–19,9	Недостаточная масса тела
20–24,9	Норма
25–29,9	Избыточная масса тела
30–34,9	Ожирение I степени
35–39,9	Ожирение II степени
Более 40	Ожирение III степени

ОКРУЖНОСТНЫЕ МЕТОДЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ БЕЛКОВЫЙ ОБМЕН

Обхватные антропометрические показатели основаны на измерении окружности частей тела при помощи сантиметровой ленты. Многие отечественные и зарубежные исследования показывают сильную корреляцию между показателями, полученными посредством окружностных методик, и функциональными резервами организма.

Окружность средней трети плеча

Измерение проводится на «нерабочей» и расслабленной руке, согнутой в локтевом суставе под углом 90 градусов. Сантиметровую ленту необходимо разместить на границе верхней и средней трети плеча.

Показатель характеризует не только мышечную массу, но и жировое депо. Он находится в прямой зависимости от МТ человека, в соотношении 1:1,5. Например, уменьшение ОП на 1 см от исходной величины до болезни свидетельствует о потере массы примерно на 1,5 кг [2, 3, 11, 19].

Измерения ОП и толщины КЖС над трицепсом позволяют вычислить ОМП:

$$\text{ОМП} = \text{ОП} - 0,314 \times \text{КЖСТ},$$

где ОМП — окружность мышц плеча (см); ОП — окружность плеча (см); КЖСТ — кожно-жировая складка над трицепсом (мм).

Показатель изолированно отражает развитие мышечной массы плеча, которая относится к обезжиренной массе тела, наиболее активной в функциональном и метаболическом плане [20].

Сравнивая обхват КЖС над трицепсом, ОП и ОМП в динамике с идеальными значениями, можно сделать вывод о метаболическом статусе и наличии у пациента белковой или белково-энергетической недостаточности — в зависимости от того, в какой из фракций имеются отклонения (табл. 2).

Идеальные значения:

- для мужчин: ОП — 29 см; ОМП — 25,7 см; КЖС над трицепсом — 10,5 мм;
- для женщин: ОП — 28 см; ОМП — 23,5 см; КЖС над трицепсом — 14,5 мм.

Нормой считается расхождение с идеальными значениями на 10%.

Измерение окружности бедра

В бедре хорошо развит мышечный слой, представленный главным образом четырёхглавой, портняжной и двуглавой мышцами. Подкожно-жировая клетчатка выражена в меньшей степени и увеличивается в основном при развитии метаболического синдрома. Верхняя граница бедра представлена паховой связкой, а нижняя проходит поперечной линией на 5–6 см выше надколенника. Измерение ОБ проводится у пациента в положении стоя, стопы на ширине плеч, опора равномерно распределяется на обе ноги. Сантиметровую ленту накладывают на 2 см ниже ягодичной складки.

Суть метода сходна с определением ОП, и этот показатель также отражает состояние не только мышечного, но и жирового депо. Однако измерение ОП является более простым и комфортным способом [14, 20].

Положительные стороны окружностных методов:

- просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования;
- не требуют большого количества времени;
- прикроватные.

Недостатки окружностных методов:

- неспецифичность (должны рассматриваться только как один из компонентов комплексной оценки нутритивного статуса);

- невозможность применения при развитии у пациента водно-секторальных нарушений;
- невозможность достоверно определить мышечную массу при избытке жировой ткани;
- погрешность в результатах при выборе различных методик и исполнении разными специалистами;
- ретроспективное отражение развившейся недостаточности питания.

Таким образом, окружностные методы оценки трофологического статуса просты в использовании и в некоторой степени позволяют дифференцировать объём мышечной и жировой ткани, однако у них много недостатков. Приведённые методы могут быть использованы для динамического контроля нутритивного статуса пациентов в относительно стабильном состоянии и при отсутствии у них значимых водно-секторальных нарушений.

Можно заключить, что антропометрические методы являются прикроватными, достаточно простыми в использовании и интерпретации, однако имеют ряд ограничений. Они не могут рассматриваться как ведущие способы оценки нутритивной недостаточности, но полезны для динамического применения в повседневной клинической практике в сочетании с другими оценочными методиками.

Для динамического мониторинга состояния нутритивного статуса пациента наиболее информативными являются следующие методы:

1. Контроль фактической МТ (особенно при длительном пребывании пациентов в отделении реанимации). При этом нецелесообразно ежедневное взвешивание реанимационного пациента (см. выше). Оптимальным является определение фактической МТ 1–2 раза в неделю.
2. Расчётные методы оценки МТ. Полезны для быстрого определения метаболического статуса пациента при первичном контакте, но имеют большую погрешность, особенно у пациентов в критическом состоянии.
3. Окружностные методы. Позволяют отслеживать истощение мышечной и жировой массы, однако требуют строгого соблюдения методологии измерения и малоинформативны при водно-секторальных нарушениях.

Таблица 2. Оценка трофологического статуса пациента по окружностным показателям

Table 2. Assessment of the trophological status of the patient by circumference indicators

Степень нутритивной недостаточности	ОП, см		КЖСТ, мм		ОМП, см	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
Эйтрофия	29–26	28–25	10,5–9,5	14,5–13	25,7–23	23–21
Лёгкая	25,9–23	24,9–22,5	9,4–8,4	12,9–11,6	22,9–20,4	20,9–18,5
Среднетяжёлая	22,9–20,5	22,4–19,5	8,3–7,4	11,5–10,2	20,3–17,5	18,4–16,5
Тяжёлая	<20,5	<19,5	<7,4	<10,2	<17,5	<16,5

Примечание. КЖСТ — кожно-жировая складка над трицепсом; ОМП — окружность мышц плеча; ОП — окружность плеча.

Note: КЖСТ — the skin-fat fold above the triceps; ОМП — the circumference of the shoulder muscles; ОП — the circumference of the shoulder.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА

Для оценки нутритивной недостаточности возможно использование методов лабораторного контроля как наиболее объективного показателя, не зависящего от внешних факторов. Однако эти методы требуют не только персонифицированного подхода, но и критической оценки полученных результатов.

Определение общего белка крови и белковых фракций

Белки крови представляют совокупность высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, в состав которых входит большое количество различных аминокислот. Роль белка в процессах метаболизма и поддержания гомеостаза трудно переоценить, он выполняет большое количество функций: транспортную, структурную, защитную, регуляторную, сократительную, энергетическую и т.д. Поскольку белки активно участвуют практически во всех процессах жизнедеятельности организма, существует много причин для развития гипопроteinемии, которые могут быть связаны не только с нутритивной недостаточностью, но и с усилением процессов катаболизма, значительными потерями белка при почечном повреждении и критических состояниях [12, 21].

Белок в организме человека находится не в единой фракции, а в виде как минимум двух пулов: соматический, или белок мышечной ткани (может быть рассчитан посредством соматометрических показателей), и висцеральный, или белок крови и внутренних органов (определяемый при помощи лабораторных показателей).

Нормальное содержание общего белка в сыворотке крови составляет 65–85 г/л, но этот показатель зависит от возраста (у лиц моложе 18 лет и старше 70 лет содержание общего белка снижено), физической активности и волеического статуса пациента. В плазме содержится на 2–4 г/л белка больше за счёт фибриногена, который отсутствует в сыворотке. Весь белок в плазме крови представлен тремя основными фракциями: альбумины (40–50 г/л), глобулины (20–30 г/л) и фибриноген (2–4 г/л). Синтез белков осуществляется преимущественно в печени и ретикулоэндотелиальной системе. Однако концентрация общего белка зависит

не только от синтетической функции печени и характера питания, но также от состояния метаболизма и разнообразных патологических потерь (табл. 3) [3, 5, 11, 17].

Традиционными показателями белкового пула крови являются концентрации печёночных белков: альбумина, трансферрина, транстиретина и РСБ. История исследования белковых фракций начинается с описания в 1935 году квашиоркора, а в 1941 году — алиментарного маразма. В основе патогенеза заболеваний лежит тяжёлая гипопроteinемия, поэтому возникла парадигма, что степень нутритивной недостаточности напрямую коррелирует с уровнем белка крови. Однако для оценки трофологического статуса пациента необходимо более подробное понимание процессов метаболизма здорового индивидуума и изменчивости обмена веществ при заболеваниях [12, 13, 21–23].

Определение концентрации альбумина в крови

Альбумины — фракция высокомолекулярных белков, состоящая из 585 аминокислотных остатков, синтезируемых в печени (около 12 г в сутки) с периодом полураспада 18–20 дней. Основная роль альбумина состоит в поддержании коллоидно-осмотического давления и в транспорте различных веществ эндогенного (желчные кислоты, билирубин, жирные кислоты, стероидные гормоны) и экзогенного (лекарственные препараты и неорганические ионы) происхождения. Гипоальбуминемия сопровождается не только развитием водно-секторальных нарушений, но и нарушением транспортной функции альбумина, что ассоциировано с увеличением свободных, токсичных молекул в крови (лекарства, несвязанный билирубин и т.д.).

Большая часть пула альбуминов находится вне сосудистого русла (около 60%), однако его концентрация в плазме выше, чем в межклеточной жидкости, так как внесосудистый объём превышает объём крови примерно в 4 раза. Ежедневно часть альбуминов обменивается между внутри- и внесосудистыми секторами. Следовательно, основные факторы, влияющие на концентрацию альбумина в крови, — это скорость его выхода в интерстициальную жидкость (транскапиллярная утечка, зависит от многих факторов) и возврата в сосудистое русло (состояние лимфатической системы). Развитие системной воспалительной реакции сопровождается ростом транскапиллярной утечки

Таблица 3. Причины изменений концентрации общего белка крови

Table 3. Causes of changes in the concentration of total blood protein

Гиперпротеинемия	Гипопроteinемия
Дегидратация (снижение концентрации свободной воды); Тяжёлые инфекционные процессы: наряду с дегидратацией увеличивается концентрация белков острой фазы и иммуноглобулинов; Миеломная болезнь и болезнь Вальденстрема характеризуются стойкой и выраженной гиперпротеинемией; Общий белок крови может достигать 150 г/л	Усиление катаболизма белка (ожоги, травмы, сепсис, злокачественные новообразования); Сниженное поступление экзогенного белка с пищей; Нарушение усваивания экзогенного белка (синдром мальабсорбции); Нарушение синтеза белка (заболевания печени); Увеличенные потери белка (массивные ожоги, заболевания почек и т.д.)

альбумина, что лабораторно проявляется не связанным с нутритивной недостаточностью снижением концентраций всех белковых фракций. Кроме того, критические состояния ведут не только к снижению синтеза альбумина, но и нарушению его третичной и четвертичной структур, когда циркулирующие молекулы альбумина являются функционально несостоятельными. Клинически это состояние проявляется развитием генерализованных отёков вследствие нарушения водных секторов организма с частым развитием полиорганной дисфункции [3, 12, 17, 24].

При белковом голодании снижается скорость синтеза альбумина с одновременным увеличением времени его полураспада и перераспределения из интерстиция (компенсаторный механизм). Следовательно, несмотря на дефицит в аминокислотах, уровень сывороточного альбумина некоторое время находится в референсных значениях. Для более быстрой диагностики недостаточности питания было предложено оценивать белки с меньшим периодом полураспада: трансферрин, тироксинсвязывающий альбумин и РСБ. Их концентрации также уменьшаются при отрицательном азотистом балансе, однако использование этих показателей для оценки нутритивного статуса тяжёлых пациентов в отделении реанимации вызывает много вопросов [19, 21, 22, 25, 26].

Концентрация альбуминов в крови:

- отражает метаболические нарушения в организме и напрямую коррелирует с частотой развития гнойно-септических осложнений и органной дисфункции;
- определяет группы пациентов с повышенным риском неблагоприятного течения любого заболевания (выявлена прямая корреляционная связь между уровнем гипоальбуминемии и прогнозом у пациентов любого профиля);
- при снижении может свидетельствовать о длительно предшествующем голодании и истощении;
- является маркёром состояния синтетической функции печени;
- представляет один из маркёров развития нефротического синдрома.

Определение концентрации трансферрина

Трансферрин — белок острой фазы фракции β -глобулинов с периодом полураспада до 8 суток, синтезируется в печени, основная функция — транспорт железа. Предполагалось, что этот показатель более точно отражает степень нутритивной недостаточности благодаря более короткому времени полураспада. Однако этот метод имеет ряд ограничений и не всегда точно отражает состояние белкового обмена, например, при наличии железодефицитной анемии, когда включаются компенсаторные механизмы, повышающие концентрацию трансферрина даже при белковой недостаточности, а также у пациентов с сепсисом и в критическом состоянии. При отсутствии технической возможности определения трансферрина напрямую существует альтернативный способ, который заключается в определении общей железосвязывающей способности

с последующим пересчётом на трансферрин (погрешность метода составляет 15–20%) [12, 13, 17, 21, 24, 27, 28]:

$$\text{Трансферрин (мг/дл)} = 0,8 \times \text{ОЖСС} - 47,$$

где ОЖСС — общая железосвязывающая способность (мкмоль/л).

Определение концентрации транстиретина

Транстиретин также является белком острой фазы с периодом полураспада до 2 суток, относится к фракции альбуминов. Референсные значения транстиретина в сыворотке крови составляют 0,25–0,4 г/л, его основная функция — транспорт тироксина и трийодтиронина. Транстиретин имеет два центра связывания, и в одном он способен присоединять РСБ, а в другом — тироксин и трийодтиронин. Вследствие меньшего периода полураспада транстиретина выдвигалось предположение, что снижение его уровня является ранним и чувствительным признаком белковой недостаточности. Однако при любых воспалительных реакциях, сепсисе и критических состояниях первично посредством системы цитокинов увеличивается синтез белков активаторов острой фазы, в частности: С-реактивного белка (СРБ), фибриногена, гликопротеинов и т.д., вследствие чего ингибируется синтез печёночных белков. Именно поэтому интерпретация уровня транстиретина требует одновременного определения СРБ с последующим контролем этих показателей и соответствующей интерпретацией результатов.

У пациентов в отделениях реанимации может наблюдаться очень низкий уровень транстиретина и пропорционально высокий СРБ. Следовательно, повышение уровня транстиретина при снижении СРБ можно трактовать как улучшение трофологического статуса пациента и переход от катаболической фазы метаболизма в сторону анаболизма [12, 22, 29].

Определение концентрации ретинол-связывающего белка

РСБ относится к α_2 -глобулинам с периодом полураспада 12 часов, его функция — транспорт ретинола, и в норме концентрация в крови составляет 0,04 г/л. До недавнего времени широко обсуждалась функция РСБ в оценке степени нутритивной недостаточности, однако метод так и не получил широкого распространения ввиду своей дороговизны и сложности интерпретации полученных результатов при системном ответе организма на повреждение [2, 22].

Положительные стороны лабораторных методов определения пула белков:

- объективность методик (результат мало зависит от внешних факторов);
- простота в использовании и интерпретации;
- быстрое получение результата (можно моментально менять подходы к проводимой терапии).

Недостатки лабораторных методов определения пула белков:

- неспецифичность (должны рассматриваться только как компонент комплексной оценки нутритивного статуса).
- нарушение синтеза всех белков острой фазы при воспалении и в критических состояниях;
- зависимость концентраций белков от функций печени и почек;
- наличие ограничений для использования этой методологии в случае генетических заболеваний белкового обмена;
- необходимость использования дорогостоящих реактивов для определения некоторых показателей.

Таким образом, концентрации пула белков (альбумин, трансферрин, транстретин, РСБ) в определённой степени отражают тяжесть течения заболевания, но они являются малочувствительными маркерами уже развивающейся нутритивной недостаточности. Низкая концентрация белков крови и отрицательный азотистый баланс отражают течение различных патологических состояний, которые могут приводить к алиментарной недостаточности. Именно поэтому контроль исключительно пула белков крови является недостаточным для объективной оценки нутритивного статуса пациента и может вести к ошибочным суждениям [30–34].

Определение абсолютного числа лимфоцитов

Одной из принципиальных функций белков является поддержание и формирование клеточного и гуморального иммунитета организма. При недостаточном питании часто развивается иммуносупрессия, которую косвенно можно определить с помощью кожно-аллергической пробы с антигеном или по абсолютному числу лимфоцитов крови.

Лимфоциты представляют разновидность лейкоцитов, которые обеспечивают гуморальный и клеточный иммунитет, играют важную роль в формировании локальной иммунной защиты организма и образовании антител. Нормальное значение лимфоцитов в крови составляет 19–45% или $1,2\text{--}3,5 \times 10^9/\text{л}$. Определение абсолютного числа лимфоцитов позволяет первично оценить состояние иммунной системы. Лимфоцитоз наблюдается при появлении в организме источника воспаления. Лимфопения указывает на угнетение функциональной активности иммунной системы, одной из причин которого может быть недостаточное питание. Снижение абсолютного числа лимфоцитов менее $1,2 \times 10^9/\text{л}$ является признаком дефицита белка в организме, если нет других причин для лимфопении.

У пациентов в критическом состоянии наблюдается выраженная иммуносупрессия вне зависимости от основного заболевания. Следовательно, представляется нецелесообразным ориентироваться на показатель абсолютного числа лимфоцитов как маркер нутритивной недостаточности ввиду низкой специфичности этого показателя [2, 5, 13].

Преимущества метода определения абсолютного числа лимфоцитов:

- простая в использовании методология, не требуется активного сотрудничества с пациентом;
- быстрое получение результата;
- нет зависимости результата от субъективных факторов.

Недостатки метода определения абсолютного числа лимфоцитов:

- неспецифичность метода (в большей степени отражает тяжесть основного заболевания, а не нутритивный статус пациента);
- существенное влияние медикаментозной терапии на уровень лимфоцитов;
- ограничения использования метода при наличии аутоиммунных и эндокринных расстройств.

Определение азотистого баланса

Одним из достаточно специфических показателей, характеризующих белковый обмен и адекватность нутритивной поддержки, является азотистый баланс — количественная разница между употреблённым организмом азотом и его экскрецией. При нормальном трофологическом статусе азотистый баланс всегда равен нулю. Даже увеличенное потребление белка не вызывает изменений азотистого равновесия, которое восстанавливается на более высоком уровне. Положительный азотистый баланс наблюдается, когда количество поступившего азота становится выше его выведения, что свидетельствует об анаболическом состоянии метаболизма (период роста, набора мышечной массы, реабилитация после тяжёлых заболеваний и т.д.). Отрицательный азотистый баланс указывает на преобладание процессов катаболизма, что чаще всего связано с заболеваниями в активной стадии. Длительно сохраняющийся отрицательный азотистый баланс ассоциируется с высоким риском развития инфекционных осложнений, развития полиорганной дисфункции, большей длительностью респираторной поддержки и ростом летальности [2, 5, 13]. Методика ограничена в использовании при развитии у пациентов с острой или хронической почечной недостаточностью, сопровождающейся гиперазотемией, анурией или полиурией.

Расчёт азотистого баланса:

$$\text{АБ (г/сут)} = \text{азот поступления (г)} - \text{азот потерь (г)}.$$

Поступающий в организм азот вычисляется по количеству потреблённого белка (белок содержит 16% азота, следовательно, 1 г азота соответствует 6,25 г белка). Если питание осуществляется энтеральными или парентеральными смесями, то содержание азота может быть указано в составе.

Выводится азот в основном с мочой (85% от общих потерь), а также через кал, пот, дыхание, по дренажам (у хирургических пациентов) и с раневым отделяемым. Ввиду невозможности определения истинных потерь азота, принято использовать стандартное значение как равное 4 г/сут. С мочой из организма выводится основная часть азота в виде мочевины (85–90%), креатинина, аммиака и т.д. При отсутствии

технической возможности определения истинного азота мочи приблизительные потери определяются с помощью расчёта мочевины (1 г мочевины содержит 0,466 г азота). Стоит учитывать, что во время стрессовых реакций происходит увеличение не мочевинового азота [2, 3, 5, 13, 35].

Вычисление азотистого баланса по концентрации мочевины мочи:

$$AB = (БП / 6,25) - MM \times OM \times 0,033 \times 0,466 \times 1,25 - 4 - ДП,$$

где AB — азотистый баланс (г/сут); БП — белок пищи (г); MM — концентрация мочевины мочи (ммоль/л); OM — объём суточной мочи (л); ДП — дополнительные потери азота по дренажам (г/сутки).

Потери азота (белка), в зависимости от характера и тяжести заболевания, могут достигать до 40 г/сут и более. Каждый 1 г азота соответствует 6,25 г белка, что соответственно составляет около 25 г мышечной массы. Таким образом, потери даже 20–30 г азота соответствуют потерям 125–188 г белка и 500–700 г мышечной массы.

Оценка адекватности белкового питания

Метод азотистого баланса лёг в основу метода определения адекватности белкового питания, который не зависит от времени и полноты суточного сбора мочи, а также от экстраренальных потерь азота.

$$\text{Адекватность белкового питания} = (\text{Азот мочевины} / \text{Общий азот мочи}) \times 100\%$$

При оптимальном белковом питании отношение азота мочевины к общему азоту мочи составляет 85–90%. При развитии недостатка аминокислот экскреция мочевины уменьшается (за счёт её утилизации организмом для синтеза белка), в то время как другие азотистые основания мочи более стабильны и длительно остаются в пределах нормы. Показатель адекватности белкового питания менее 70% свидетельствует о необходимости усиления нутритивной поддержки или её коррекции. Использование этого метода оценки у тяжёлых и реанимационных пациентов требует критической оценки результатов [2, 36].

Преимущества методов оценки баланса азота:

- простота в использовании (не требуют дополнительного оборудования);
- отсутствие необходимости в кооперации с пациентом (прикроватные методики);
- объективность (мало зависимы от субъективных факторов);
- специфичность в оценке состояния белкового обмена;
- возможность применения у пациентов в критическом состоянии.

Недостатки методов оценки баланса азота:

- необходимость проведения биохимического анализа суточной мочи;

- ретроспективное отражение состояния нутритивного статуса;
- невозможность прецизионно определить потери азота с потом, калом, дыханием и др.;
- наличие ограничения применения при развитии почечной недостаточности;
- большие погрешности у пациентов в критическом состоянии с сепсисом, шоком и при использовании экстракорпоральных методов лечения.

Таким образом, определение азотистого баланса позволяет достаточно объективно оценить состояние метаболизма и адекватность проводимой нутритивной терапии. Однако полученный результат всегда ретроспективно отражает трофологический статус пациента и достаточно сильно зависит от тяжести состояния и методов лечения.

Можно заключить, что лабораторные методы, отражающие белковый баланс, являются прикроватными, объективными и простыми в использовании. Однако для определения некоторых показателей требуется специальное оборудование и реактивы, а к интерпретации полученных результатов нужно подходить критически. Представленные методы полезны для оценки статуса питания в повседневной практике в сочетании с другими методиками.

Для мониторинга состояния нутритивного статуса пациента наиболее информативными являются:

1. Определение уровня печёночных белков (общий белок, альбумин, трансферрин, транстиретин, РСБ) и абсолютного числа лимфоцитов. При этом следует иметь в виду, что они в большей степени оценивают общее состояние и степень тяжести пациента, но не прецизионно его нутритивный статус.
2. Вычисление азотистого баланса по методу, основанному на определении истинного азота мочи. Наиболее точная методика, отражающая фазы метаболизма. Погрешность метода минимальна и в меньшей степени зависит от состояния пациента.
3. Определение адекватности белкового питания, основанного на отношении азота мочевины к общему азоту мочи. Ретроспективно, но с высокой точностью позволяет определить недостаточность белкового питания.

ОЦЕНКА ЖИРОВОГО ОБМЕНА

Большинство исследуемых параметров направлены на оценку мышечной массы, которая играет ведущую роль в метаболизме. Однако жировые депо также участвуют в поддержании гомеостаза и служат хорошим показателем, отражающим энергетическую адекватность питания, а также чётко коррелируют с уровнем функциональных резервов организма. Нормальным показателем содержания жира в организме является диапазон от 10 до 22%, а выход за рамки этих значений ведёт к снижению адаптационных возможностей организма. При содержании жира менее 8–10% начинаются изменения со стороны внутренних органов, а показатель менее 5% ассоциируется с высокой летальностью [16, 18].

Росто-весовые показатели

Отражением состояния жирового депо в организме являются МТ, индекс Кетле и отклонение фактической МТ от рекомендуемой. Как было сказано выше, эти методы недостаточно точны и специфичны и характеризуют разные виды обмена.

Окружностные методы

Измерение окружности шеи

Верхняя граница шеи находится на линии, соединяющей нижний угол челюсти и верхушку сосцевидного отростка, нижняя граница — линия от яремной вырезки грудины до VII шейного позвонка. В шее находится большое количество крупных сосудов и нервов, а также внутренние органы: трахея, глотка, гортань, пищевод, щитовидная и паращитовидные железы. Ткани шеи представлены жировой клетчаткой (коррелирует с общим содержанием жировой ткани в организме) и большим количеством мышц (объём которых мало изменяется при нутритивной недостаточности). Следовательно, измерение окружности шеи не только позволяет сделать вывод о трофологическом статусе пациента при первичном контакте, но подходит и для динамической оценки. Однако полученные результаты лишь ретроспективно будут показывать развивающуюся недостаточность питания [37–39].

Измерение проводят сантиметровой лентой, накладывая её в самой узкой части шеи, под щитовидным хрящом. Идеальные показатели: у мужчин — 35,5 см, у женщин — 32 см. Физиологическая норма: отклонение от идеальных значений на 10% в любую сторону.

Измерение окружности живота

Косвенной оценкой уровня висцерального жира в организме служит измерение ОЖ. Существует около 10 различных методов измерения ОЖ, но, согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, она измеряется посередине между нижним краем последнего ребра и гребнем подвздошной кости. Учитывая топографическую анатомию, ОЖ будет зависеть не только от состояния подкожно-жировой клетчатки и уровня висцерального жира, но и от объёма полых органов и собственно брюшной полости. Следовательно, измерение ОЖ у пациентов в отделениях реанимации неинформативно ввиду часто развивающихся абдоминальных патологий (интестинальная недостаточность, абдоминальный компартмент-синдром и т.д.) [16].

Измерение окружности бедра

Данная методика является малоспецифичной, отражающей как мышечное, так и жировое депо. Методика измерения предполагает, что исследуемый должен находиться в положении стоя, что практически нереально для пациентов в отделениях реанимации. Более подробно этот метод был описан выше [16].

Окружностный метод Военно-морских сил Соединённых Штатов Америки

Этот метод был разработан в медицинском исследовательском центре Военно-морских сил США. Он позволял оценивать уровень подкожно-жировой клетчатки у военнослужащих. Сегодня методика достаточно популярна у диетологов и фитнес-тренеров, так как помогает комплексно оценить уровень жирового депо, а полученные результаты наиболее схожи с результатами биоимпедансометрии. Для исследования у мужчин оценивается ОЖ и окружность шеи, а у женщин — окружности напряжённого бицепса плеча, средней трети плеча, шеи, бедра и живота [2, 15, 19]. Расчёт процентной доли жира в организме производится по следующим формулам:

$$\% \text{ жира (муж)} = (0,74 \times \text{ОЖ}) - (1,249 \times \text{ОШ}) + 0,528;$$

$$\% \text{ жира (жен)} = (1,051 \times \text{ОБП}) - (1,522 \times \text{ОП}) - (0,879 \times \text{ОШ}) + (0,326 \times \text{ОЖ}) + (0,597 \times \text{ОБ}) - 0,707,$$

где ОЖ — окружность живота на уровне пупка (см); ОШ — окружность шеи на уровне перстневидного хряща (см); ОБП — окружность напряжённого бицепса плеча (см); ОП — окружность средней трети плеча (см); ОБ — окружность бедра на уровне ягодичной складки (см).

Допустимым процентным содержанием жировой ткани в организме считается 15–25% от общей МТ — для мужчин, 18–30% от общей МТ — для женщин.

Метод изначально был разработан и проверен на условно здоровых людях, находящихся в хорошей физической форме. У пациентов в критическом состоянии этот метод менее пригоден для использования, так как возникают проблемы с измерением окружности конечностей при наличии водно-секторальных нарушений, а при слабо развитом подкожно-жировом слое результаты могут получиться отрицательными.

Преимущества окружностных методов:

- простота в использовании (не требуют дополнительного оборудования);
- мало временных затрат;
- прикроватная методика;
- возможность отслеживать изменения жирового депо в динамике.

Недостатки окружностных методов:

- неспецифичность (должны рассматриваться только в комплексной оценке нутритивного статуса);
- невозможность применения некоторых методик при развитии водно-секторальных нарушений или ввиду иммобилизации пациента;
- погрешность в результатах расчётных методик при выраженном избытке или недостатке подкожного жира;
- погрешность в результатах при выборе различных методик и исполнении разными специалистами;

- ретроспективное отражение недостаточности питания;
- невозможность дифференцировать подкожный жир от висцерального.

Таким образом, окружностные методы просты в использовании, не требуют дополнительного оборудования и при этом позволяют динамически контролировать изменения МТ. К сожалению, достаточно сложно дифференцировать жировую и мышечную массы, а все измерения должны проводиться одним специалистом по единой методике, чтобы максимально снизить погрешности. Приведённые методы могут быть использованы в комплексе с другими способами оценки для динамического контроля статуса питания пациентов в относительно стабильном состоянии и при отсутствии водно-секторальных нарушений.

Калиперометрические методы

Для измерения КЖС необходимо наличие специального устройства — калипера — или обычного штангенциркуля. При проведении измерения важно правильно захватить КЖС, не задевая мышечный слой. Пальцы располагают на 1 см выше предполагаемого места измерения. Ножками калипера зажимают захваченную складку и отмечают результат в миллиметрах. Рекомендуется делать минимум два-три измерения каждой складки, в итоге используя среднее значение.

Точек для измерения большое количество, но наиболее используемые — измерение КЖС над нижним углом лопатки, на задней и передней поверхностях плеча, на передней поверхности грудной клетки, живота, на бедре и голени. Однако первичное измерение одной КЖС не даёт представление о трофологическом статусе пациента, поэтому были предложены комплексные расчётные методики на основании этих измерений [2, 18, 19].

Калиперометрический метод Durnin–Womersley

Позволяет оценить количество жировой массы при помощи измерения КЖС, так как эти два параметра

находятся в прямой зависимости. Методика довольно сложна, изначально требует измерения КЖС в 4 стандартных точках: над трицепсом, над бицепсом, над углом лопатки и над гребнем подвздошной кости по передней аксиллярной линии (паховая складка). Затем результаты измерения складываются, и вычисляется коэффициент жировой ткани (имеется возрастная поправка). Расчёт жировой МТ можно вычислить на основе следующей формулы [2, 18, 36]:

$$\text{ЖМТ} = M \times 4,95 / (K - 4,5),$$

где ЖМТ — жировая масса тела; М — фактическая масса тела (кг); К — коэффициент жировой ткани (табл. 4).

Преимущества калиперометрических методов:

- простота в использовании и интерпретации;
- простота выполнения (прикроватные);
- достаточно точная оценка состояния подкожного жира и возможность динамического контроля.

Недостатки калиперометрических методов:

- невозможность применения при развитии у пациента водно-секторальных нарушений;
- погрешность в измерениях при избытке жировой ткани;
- невозможность определить толщину КЖС живота при развитии абдоминальных патологий;
- ретроспективное отражение недостаточности питания;
- погрешность в результатах при проведении измерений разными специалистами.

Таким образом, калиперометрические методы, используемые для оценки нутритивного статуса пациента, являются достаточно простыми прикроватными способами, которые позволяют контролировать динамику жирового обмена, однако имеются ограничения использования. У пациентов реанимационного профиля и в критическом

Таблица 4. Коэффициент жировой ткани

Table 4. The coefficient of adipose tissue

Возраст, лет	Коэффициент жировой ткани	
	Мужчины	Женщины
17–19	$1,1620 - 0,063 \times \log_{10} S$	$1,1549 - 0,0678 \times \log_{10} S$
20–29	$1,1631 - 0,0632 \times \log_{10} S$	$1,1599 - 0,0717 \times \log_{10} S$
30–39	$1,1625 - 0,0645 \times \log_{10} S$	$1,1423 - 0,0632 \times \log_{10} S$
40–49	$1,1620 - 0,07 \times \log_{10} S$	$1,1339 - 0,0612 \times \log_{10} S$
50 и более	$1,1715 - 0,0779 \times \log_{10} S$	$1,1339 - 0,0645 \times \log_{10} S$

Примечание. S(мм) рассчитывается как: $S = \text{КЖСТ} + \text{КЖСБ} + \text{КЖСЛ} + \text{КЖСП}$, где КЖСТ — кожно-жировая складка трицепса; КЖСБ — кожно-жировая складка бицепса; КЖСЛ — кожно-жировая складка лопатки; КЖСП — кожно-жировая складка паховой складки.

Note: S(mm) is calculated as: $S = \text{КЖСТ} + \text{КЖСБ} + \text{КЖСЛ} + \text{КЖСП}$, where КЖСТ is the skin-fat fold of the triceps; КЖСБ is the skin-fat fold of the biceps; КЖСЛ is the skin — fat fold of the scapula; КЖСП is the skin-fat fold of the inguinal fold.

состоянии эти методы сопряжены с большой погрешностью, поэтому могут рассматриваться только как компонент комплексной оценки статуса питания.

Лабораторные методы оценки жирового обмена

Для характеристики нарушений жирового обмена в рутинной клинической практике определяют следующие показатели: уровень холестерина, триглицеридов, фосфолипидов, липопротеинов и жирных кислот. Для оценки состояния трофологического статуса и адекватности проводимой нутритивной терапии достаточно отслеживать всего два показателя: холестерин и триглицериды.

Содержание общего холестерина

Холестерин присутствует в крови в виде сложного эфира в соединении с жирными кислотами. Большая его часть синтезируется в печени (50%), кишечнике (20%), коже, надпочечниках и половых железах. Роль этого эфира в организме человека достаточно велика. В первую очередь, это субстрат клеточных мембран, обеспечивающий их стабильность. Холестерин является предшественником стероидных гормонов, желчных кислот, участвует в синтезе витамина Д и играет роль в обеспечении функции синапсов центральной нервной системы. Гиперхолестеринемия чаще всего ассоциируется с атеросклерозом, сахарным диабетом и рядом других эндокринных нарушений. Однако гипохолестеринемия также представляется прогностически неблагоприятным фактором, что часто происходит при выраженной нутритивной недостаточности, синдроме мальабсорбции, гипертиреозе и печёчно-клеточной недостаточности [40, 41].

Общий холестерин в сыворотке крови в диапазоне 3,1–5,0 ммоль/л считается оптимальным или желательным. Концентрация 5,1–5,9 ммоль/л расценивается как умеренно повышенный уровень, а более 6,0 ммоль/л — как высокий. Содержание общего холестерина менее 3,0 ммоль/л трактуется как гипохолестеринемия [21, 42, 43].

При развитии сепсиса или полиорганной недостаточности на 4–5-е сутки часто отмечается снижение уровня холестерина и липопротеинов. Причин для этого может быть несколько: гиперцитокинемия, повышение уровня эндотоксинов (липополисахариды высокой плотности нейтрализуют липополисахариды бактерий), катаболическая фаза метаболизма и т.д., в связи с чем у пациентов отделения реанимации не рекомендуется использование показателей холестерина и липопротеидов как маркёров нутритивной недостаточности [2, 21, 44].

Преимущества контроля холестерина:

- простота в проведении и интерпретации результатов;
- объективность;
- быстрое получение результата (позволяет оперативно корректировать проводимую нутритивную терапию).

Недостатки метода:

- истинное состояние нутритивного статуса при развитии сепсиса не отражается в уровне холестерина в крови;
- сопутствующая эндокринная патология (сахарный диабет, заболевания щитовидной железы и др.) значительно влияет на уровень холестерина в крови;
- информативность показателей снижается при развитии печёночной или почечной дисфункции, проведении экстракорпоральных методов лечения.

Определение содержания триглицеридов

Триглицериды — один из основных источников энергетического обмена. Лабораторно триглицериды следует определять в крови после 12-часового голодания. У здоровых людей концентрация триглицеридов находится в достаточно больших референсных значениях, нормой считается содержание от 0,2 до 1,7 ммоль/л. Причин для развития как гипо-, так и гипертриглицеридемии достаточно много, но для оценки статуса питания важна динамика этого показателя. Прогрессивное повышение концентрации триглицеридов в крови часто свидетельствует о нарушении углеводного обмена (например, при сахарном диабете). Концентрация триглицеридов более 5 ммоль/л является противопоказанием для назначения жировых эмульсий, так как при этом существует высокая вероятность развития тромбозов [2, 21, 22, 43, 44].

Преимущества определения триглицеридов крови:

- объективность методики, простота в использовании и интерпретации;
- быстрое получение результата;
- возможность контролировать безопасность проводимого парентерального питания.

Недостатки метода:

- неспецифичность (требует критической оценки полученных результатов);
- малая информативность при наличии сопутствующей эндокринной патологии (сахарный диабет, заболевания щитовидной железы);
- развитие гипер- и гипотриглицеридемии в результате разных заболеваний печени;
- необходимость в специальном оборудовании и реактивах для определения уровня триглицеридов.

Таким образом, лабораторные показатели жирового обмена, рассматриваемые в свете нутритивной недостаточности, требуют критической оценки, а при комплексном анализе позволяют достаточно точно определить состояние трофологического статуса и потребности в нутриентах.

Можно заключить, что практически все методы, отражающие состояние жирового обмена, неспецифичны и в основном отражают общий метаболизм, поэтому при их использовании требуется не только грамотная интерпретация результатов, но и комплексный и динамический контроль изучаемых показателей.

Для мониторинга состояния пациента наиболее информативными являются:

1. Динамическое измерение окружности шеи. Наиболее простой и прикроватный метод, достаточно объективно отражающий истощение жирового депо (контроль 1 раз в неделю).
2. Калиперометрический метод Durnin–Womersley. При ряде недостатков позволяет при первичной оценке определить метаболические резервы организма. Корректные результаты могут быть получены только при относительно стабильном состоянии пациента и отсутствии значимых водно-секторальных нарушений.
3. Содержание холестерина и триглицеридов в крови. Особенно важно контролировать при проведении парентерального питания (риск тромбозов), однако развитие системной воспалительной реакции и сопутствующая патология (эндокринная, печёночная) значительно снижают информативность этих показателей.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА

Углеводы в организме человека представлены в виде гликогенового депо, локализованного в печени и мышцах. При развитии дефицита энергии этот резерв может обеспечить около 2000 ккал.

Углеводный обмен ассоциирован с метаболизмом глюкозы, которая является основным энергетическим субстратом организма. Если количество экзогенной глюкозы превышает энергопотребление, то она превращается в гликоген (накапливается в мышцах и печени) и жирные кислоты (жировая ткань). У пациентов в критическом состоянии и с сепсисом всегда повреждается метаболизм глюкозы с переходом от аэробного к анаэробному гликолизу и нарушением толерантности к глюкозе, развитием гипергликемии (гипогликемия в терминальных ситуациях), гиперосмолярного синдрома, полиорганной дисфункции. К сожалению, антропометрические показатели не отражают состояние углеводного обмена, поэтому важную роль в его оценке занимают лабораторные методы исследования.

Определение концентрации глюкозы в крови

Самым простым способом оценки углеводного обмена является измерение концентрации глюкозы в капиллярной или венозной крови (норма — 3,3–6,0 ммоль/л). Выход за рамки референсных значений должен сопровождаться большим диагностическим поиском, направленным на выявление основной причины (причин). Например, гипогликемия может быть обусловлена длительным голоданием или неправильным расчётом доз сахароснижающих препаратов, тяжёлыми отравлениями, заболеваниями эндокринных органов или прогрессировании злокачественных опухолей различной локализации. Стоит отметить, что контроль глюкозы крови безусловно важен, особенно для пациентов в критическом состоянии

в условиях проведения интенсивной терапии и нутритивной поддержки. При этом следует подчеркнуть, что изолированные результаты гликемии далеко не всегда ассоциируются с истинным состоянием углеводного обмена, нутритивного статуса и питания [2, 21, 22].

Преимущества контроля содержания глюкозы в крови:

- простота выполнения (прикроватный метод);
- отсутствие необходимости в кооперации с пациентом;
- малая зависимость от субъективных факторов.

Недостатки метода:

- неспецифичность (результат зависит от многих факторов, в том числе состояния пациента и сопутствующей патологии);
- инвазивность (доставляет дискомфорт пациенту);
- неадекватность оценки проводимой нутритивной терапии;
- необходимость в комплексной оценке и поиске первопричины, в результате которой произошли отклонения показателей.

Уровень кетоновых тел в моче

Кетоновые тела представляют группу промежуточных продуктов жирового и углеводного обмена, которые образуются в печени из ацетил-КоА и включают ацетон, ацетоуксусную и оксимасляную кислоты. В крови содержатся в незначительном количестве и полностью утилизируются в цикле трикарбоновых кислот. При недостаточном поступлении моносахаров метаболизм кетонов изменяется, в результате чего увеличивается утилизация жиров с образованием ацетил-КоА. Цикл Кребса не способен утилизировать такое большое количество ацетил-КоА, поэтому возникает порочный круг, в результате которого ацетил-КоА выводится с мочой. Причинами кетонурии также могут быть: диабетический кетоацидоз, длительное голодание, безуглеводное питание при нормальном потреблении жиров, неукротимая рвота или состояния, связанные с гиперметаболизмом [2, 21].

Преимущества контроля кетоновых тел в моче:

- специфичность метода, чётко свидетельствующего о нарушении углеводного обмена;
- простота в использовании и интерпретации;
- прикроватная методика (не требует дополнительных действий от пациента);
- малая зависимость результата от субъективных факторов.

Недостатки метода:

- ретроспективное отражение нарушений углеводного обмена;
- необходимость в комплексной оценке и поиске первопричины, связанной с появлением кетоновых тел в моче;

- необходимость в наличии специального лабораторного оборудования;
- снижение информативности при развитии сепсиса, критического состояния, полиорганной недостаточности;
- неинформативность при проведении гемодиализа.

Определение содержания в крови лактата и пирувата

Пируват, или пировиноградная кислота, является продуктом окисления глюкозо-6-фосфата, который, в свою очередь, окисляется до ацетил-КоА (аэробный путь) с последующим вступлением в цикл трикарбоновых кислот. Пируват служит не только источником энергии в гликолитическом пути катаболизма, но играет важную роль и в метаболизме аминокислот, липидов и биологически активных веществ, обеспечивая пути взаимопревращения между макронутриентами [2].

Повышенное содержание пирувата часто обусловлено:

- нарушениями в цикле трикарбоновых кислот при любой гипоксемии, гипоксии;
- перестройкой метаболизма на преимущественное использование жиров в качестве основного источника энергии (углеводное голодание, декомпенсированный сахарный диабет);
- дефицитом витамина B1, входящего в состав дегидрогеназ, катализирующих реакцию окисления пирувата в ацетил-КоА.

Лактат (молочная кислота) — продукт анаэробного превращения пирувата. Повышение концентрации лактата свидетельствует о перестройке метаболизма на анаэробный путь и отражает степень гипоксии (но не перфузии) различных органов. При содержании молочной кислоты в крови выше 4 ммоль/л пропорционально увеличивается летальность пациентов в критическом состоянии в среднем на 50%, а при повышении до 8 ммоль/л летальный исход этих пациентов наступает в 90% случаев. Концентрация лактата более 4 ммоль/л является противопоказанием для назначения парентерального питания, так как субстратная поддержка в данной ситуации может привести к усугублению лактатацидоза и прогрессивному ухудшению состояния.

Важное значение имеет соотношение пирувата и лактата, которое в норме не превышает 1:10. Увеличение пропорции свидетельствует о гипоксии и, как следствие, о преобладании анаэробного гликолиза. Снижение этого показателя встречается при патологиях печени или дефиците тиамина (витамин B1). В норме лактат повышается при усиленной мышечной работе, гипервентиляции, действии глюкагона или инсулина, но данное соотношение при этом остаётся прежним [2, 21].

Преимущества контроля содержания в крови лактата и пирувата:

- простота метода в использовании и интерпретации (не требует дополнительных действий от пациента);
- возможность предотвратить осложнения при проведении нутритивной поддержки;
- отражение общего состояния пациента и адекватности проводимой интенсивной терапии в целом.

Недостатки метода:

- не отражается нутритивный статус пациента;
- неспецифичность (требуется комплексная оценка при уточнении первоначальной причины отклонений от нормы;
- необходимость в наличии специального лабораторного оборудования.

Можно заключить, что практически все лабораторные методы, отражающие состояние углеводного обмена, являются не специфичными и не прямыми маркерами недостаточности питания, поэтому не позволяют оценить нарушения питания. Однако их контроль имеет большое прогностическое значение в отношении контроля рисков возможных осложнений, связанных с нутритивной терапией. Представленные методы полезны для оценки общего состояния пациента и контроля усвоения получаемых нутриентов, но только в сочетании с другими оценочными методиками.

Для мониторинга состояния пациента наиболее информативными являются:

1. Определение уровня глюкозы крови. Особенно важно при нахождении пациента в критическом состоянии, в условиях многокомпонентных нарушений метаболизма и интенсивной терапии (контроль минимум 4 раза в сутки).
2. Определение уровня кетоновых тел. Служит показателем недостаточности углеводного питания и перестройки метаболизма на преимущественное потребление жиров. Однако требуется критический подход к полученному результату и комплексная оценка.
3. Содержание лактата и пирувата в крови. Не является маркером статуса питания, но отражает общее состояние пациента. Повышенные концентрации этих метаболитов служат противопоказанием для проведения нутритивной поддержки.

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НУТРИТИВНОГО СТАТУСА

По мере развития клинической нутрициологии и медицинских технологий появились комплексные методы оценки трофологического статуса пациента, которые достаточно точно и персонифицировано дают представления о составе тела и потребности в нутриентах.

Биоимпедансометрия

Биоимпедансометрия — способ оценки состава тела, который реализуется путём измерения электрического сопротивления разных тканей тела. Первые отечественные работы по этой теме были опубликованы в 1930-х годах [45, 46]. В то же время начала выпускаться доступная

для рутинного применения медицинская биоимпедансная аппаратура, предназначенная для оценки приживаемости трансплантатов на основе данных об их электрической проводимости [18, 47, 48].

За последние годы появляется всё больше работ, доказывающих эффективность и точность данной методики и её дальнейшие перспективы. Сегодня этот метод применим не только для контроля приживаемости донорских органов, но и для оценки трофологического статуса разных пациентов.

Биоимпедансометрия позволяет оценить жировую МТ с разделением её на составляющие: подкожный и висцеральный жир, активную клеточную или мышечную массу, скелетную массу, объём общей жидкости в организме с разделением её по секторам (внеклеточная, внутриклеточная) и т.д. Такое комплексное представление о трофологическом статусе пациента позволяет достаточно точно оценить его функциональные резервы и аргументированно проводить нутритивную терапию.

В основе этого метода лежит предположение, что организм человека теоретически возможно представить в виде 5 составляющих цилиндров (руки, ноги и туловище). Туловище по массе составляет примерно 45–50%, а на его электрическое сопротивление приходится лишь 10%, в связи с чем могут возникнуть неточности в полученных результатах, особенно у пациентов с тяжёлыми заболеваниями, дисгидрией, асцитом и т.д., когда значительно меняется гидратация и, соответственно, электрическое сопротивление обезжиренной МТ. Ряд исследований показал, что использование биоимпедансометрии позволяет не только оценивать составляющие тела организма, но и делать прогнозы об исходе заболеваний и вероятности развития ряда осложнений. Например, метод хорошо зарекомендовал себя при выявлении катаболических сдвигов у пациентов с туберкулёзом или находящихся на гемодиализе [20, 49–51].

Преимущества биоимпедансометрии:

- возможность динамического контроля без значимого дискомфорта пациента;
- минимальная погрешность результатов;
- объективная методика (измерения могут проводить разные специалисты, без влияния на точность результатов);
- возможность качественной оценки составляющих тела человека (костная ткань, жировые депо, активная клеточная масса и т.д.);
- возможность выявления водно-секторальных нарушений;
- возможность оценки основного обмена путём мониторинга изменений активной клеточной и жировой массы.

Недостатки биоимпедансометрии:

- отсутствие точных индивидуальных референсных значений (затрудняет интерпретацию результатов);

- методика недостаточно проверена для широкого круга клинических ситуаций, особенно у пациентов в критическом состоянии;
- ограничение использования у пациентов с электрокардиостимулятором, при беременности, менструации, повышенной температуре тела, повреждениях кожи в местах наложения электродов, выраженной дисгидрии;
- отсутствие данных о возможности применения у пациентов с различными имплантами и протезами;
- погрешность в полученных результатах из-за проведения массивной инфузионной и медикаментозной терапии или экстракорпоральных методов лечения;
- необходимость в наличии специального, часто дорогостоящего оборудования.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия

Развитие медицинских технологий и широкое внедрение в клиническую практику компьютерной томографии сделало возможным появление нового метода оценки компонентного состава тела — двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DEXA), которая представляет собой лучевое сканирование тела в режиме «total body measurement». Многие современные исследования антропометрических показателей ссылаются на данные DEXA как на эталонный метод [52, 53]. Действительно, метод хорошо подходит для определения минерального состава костей, массы жировой и мышечной ткани, а также позволяет увидеть распределение жира в организме при минимальном сотрудничестве с пациентом. Сравнительные результаты исследований показывают, что, несмотря на высокую степень корреляции и согласованности между методами абсорбциометрии и биоимпедансометрии, DEXA может недооценивать мышечную МТ и переоценивать жировые отложения у некоторых групп пациентов, по сравнению с биоимпедансным анализом [16, 18, 49, 50, 52–54].

Преимущества метода DEXA:

- количественное измерение составляющих тела человека (костная ткань, жировые депо, активная клеточная масса и т.д.);
- возможность динамического контроля изменений состава тела;
- отсутствие необходимости в активном сотрудничестве с пациентом;
- возможность оценки основного обмена.

Недостатки метода:

- лучевая нагрузка для пациента;
- необходимость в специальном, дорогостоящем оборудовании;
- необходимость в присутствии специально обученного медицинского персонала для выполнения методики и интерпретации результатов;
- невозможность применения у пациентов в критическом и нестабильном состоянии.

Таким образом, комплексные методы оценки недостаточности питания являются достаточно точными, специфичными и позволяют чётко контролировать изменения трофологического статуса и персонифицировано назначать нутритивную терапию пациентам в отделениях реанимации. Однако для их использования требуется дорогостоящее оборудование и специально обученный медицинский персонал, что ограничивает рутинное применение.

Можно заключить, что все вышеописанные методы позволяют врачу делать выводы о трофологическом статусе пациента, оценивать функциональные резервы организма и аргументированно проводить нутритивную терапию. При этом у каждого из них есть свои преимущества и недостатки, а следовательно, и своя ниша использования. Современному врачу необходимо хорошо ориентироваться в существующих доступных методах оценки метаболизма, дифференцировано и персонифицировано подходить к их реализации в каждой конкретной клинической ситуации.

Следует подчеркнуть, что простая оценка степени нутритивной недостаточности не позволяет определить формат её восполнения — количество, качество и скорость введения конкретных нутриентов. Для решения этих задач применяются расчётные формулы и инструментальные методы исследования метаболизма [13, 55].

Способы выбора нутриционной терапии

- Расчётные методы:
 - формула Харриса–Бенедикта;
 - формула Харриса–Бенедикта адаптированная;
 - уравнение Миффлина–Сан-Жеора;
 - уравнение Айртон–Джонс.
- Инструментальные методы:
 - прямая калориметрия;
 - непрямая калориметрия.

Формула Харриса–Бенедикта

Этот расчётный показатель является самым известным методом оценки энергопотребностей человека. Уравнение появилось в результате исследования Джеймса Артура Харриса и Фрэнсиса Джано Бенедикта в 1919 году. В исследовании приняли участие 239 здоровых людей (136 мужчин и 103 женщины) со средним показателем индекса МТ 21,5.

Основной метаболизм рассчитывается по формуле на основании 3 показателей: возраст, рост и МТ. Несмотря на то, что большое количество исследований показывают целесообразность применения формулы Харриса–Бенедикта у пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии, эта методика остаётся довольно популярной [56–58].

$$E_{00_{\text{муж}}} = 66,47 + 13,75 \times M + 5 \times P - 6,76 \times B;$$

$$E_{00_{\text{жен}}} = 655,1 + 9,56 \times M + 1,85 \times P - 4,68 \times B,$$

где E_{00} — энергопотребность основного обмена (ккал/сутки); M — фактическая масса тела (кг); P — рост (см); B — возраст (лет).

Формула Харриса–Бенедикта адаптированная

Этот метод основан на вычислении энергопотребности по уравнению Харриса–Бенедикта, после чего полученный результат умножают на соответствующие коэффициенты по основным факторам, влияющим на метаболизм: фактор повреждения, фактор активности, температурный фактор и фактор дефицита МТ (табл. 5). Суть метода состоит в адаптации общеизвестной формулы, изначально составленной для здоровых людей, под пациентов, находящихся в стационаре. Однако многочисленные исследования показывают, что метод не всегда корректен, может сильно завышать реальные потребности организма и приводить к развитию синдрома перекормливания [4, 36, 57, 59, 60].

$$ФРЭ = E_{00} \times ФА \times ТФ \times ФП \times ДМТ,$$

где ФРЭ — фактический расчёт энергопотребностей (ккал/сут); E_{00} — энергопотребность основного обмена (ккал/сутки); ФА — фактор активности; ТФ — температурный фактор; ФП — фактор повреждения; ДМТ — фактор дефицита массы тела.

Таблица 5. Коэффициенты повреждающих факторов

Table 5. Coefficients of damaging factors

Фактор		Коэффициент
Температурный фактор	38 °C	1,1
	39 °C	1,2
	40 °C	1,3
	41 °C	1,4
Фактор повреждения	Операции малого объёма	1,1
	Операции большого объёма	1,3
	Переломы	1,2
	Перитонит	1,4
	Сепсис	1,5
	Политравма, черепно-мозговая травма	1,6
	Ожоги до 30%	1,7
	Ожоги 30–50%	1,8
	Ожоги 50–70%	2,0
Фактор дефицита массы тела	Ожоги 70–90%	2,2
	10–20%	1,1
	20–30%	1,2
	>30%	1,3
Фактор активности	Постельный режим	1,1
	Палатный режим	1,2
	Общий режим	1,3

Уравнение Миффлина–Сан-Жеора

В 1990 году в американском журнале по клиническому питанию M.D. Mifflin и S.T. St Jeor [61] представили новый метод по прогнозированию энергопотребностей основного обмена в состоянии покоя. В исследование, которое продолжалось в течение 5 лет, были включены условно здоровые люди (менее 1 дня болезни в месяц в течение предыдущего года, отсутствие серьёзных хронических заболеваний). Из эксперимента исключили лиц, имеющих МТ менее 80% и более 180% от рекомендуемой. В итоге было обследовано 498 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 78 лет. Энергопотребность вычислялась на основании трёх показателей: рост, МТ и возраст. Результаты, полученные по предложенной формуле, давали минимальную погрешность по сравнению с результатами непрямой калориметрии. Однако эта методика была основана на результатах исследования здоровых лиц и, следовательно, не подходит для пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Позже были попытки модификации этой формулы путём введения в неё дополнительных коэффициентов, но полученные результаты, тем не менее, сильно отличались от реальных потребностей человека [36, 62, 63].

$$\begin{aligned} E_{\text{муж}} &= 10 \times M + 6,25 \times P - B + 5; \\ E_{\text{жен}} &= 10 \times M + 6,25 \times P - B - 161, \end{aligned}$$

где E00 — энергопотребность основного обмена (ккал/сутки); M — фактическая масса тела (кг); P — рост (см); B — возраст (лет).

Уравнение Айртон-Джонс

В 1992 году C.S. Ireton-Jones [64] предложила уравнение для расчёта энергопотребностей базового метаболизма пациентов, находящихся в отделениях реанимации. Основой для исследования послужили 65 пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии, половина из которых были с ожогами. Формула имеет коэффициенты для расчёта энергопотребления у пациентов в условиях искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) или на самостоятельном дыхании. В обеих формулах учитывается возраст и МТ. Возраст составляет отрицательный фактор, так как после 30 лет обмен веществ замедляется, и клеточная масса уменьшается одинаково, вне зависимости от гендерного признака. МТ отмечена как лучший показатель, предсказывающий энергопотребность человека. Ожирение, как фактор, увеличивающий величину основного обмена, учитывается в уравнении только для пациентов на самостоятельном дыхании, так как для обеспечения адекватного газообмена людям с избыточной массой тела требуются большие усилия. Если же пациент находится на ИВЛ, то ожирение не является фактором повышения энергетических расходов. Травматический и ожоговый факторы не были внесены в уравнение

для самостоятельного дыхания, так как при малых объёмах повреждения они не оказывают существенного влияния на метаболизм, а большие объёмы чаще всего связаны с дыхательной недостаточностью и требуют проведения ИВЛ [36, 56, 57, 65].

Для пациентов в условиях ИВЛ:

$$E_{00} = 1925 - 10 \times B + 5 \times M + 281 \times G + 292 \times TF + 851 \times OF,$$

где E00 — энергопотребность основного обмена (ккал/сутки); M — фактическая масса тела (кг); B — возраст (лет); G — гендерный признак (1 — мужчины, 0 — женщины); TF — травматический фактор (1 — имеется травма, 0 — нет травмы); OF — ожоговый фактор (1 — есть ожог, 0 — нет ожога).

Для пациентов на самостоятельном дыхании:

$$E_{00} = 629 - 11 \times B + 25 \times M - 609 \times O,$$

где E00 — энергопотребность основного обмена (ккал/сутки); M — фактическая масса тела (кг); B — возраст (лет); O — ожирение, более 30% от идеальной массы тела (1 — имеется ожирение, 0 — ожирения нет).

Преимущества расчётных методов:

- простота в использовании и интерпретации;
- возможность быстро производить вычисления с помощью современных метаболических калькуляторов;
- минимальное количество исходных данных;
- подходят для повседневной клинической практики.

Недостатки расчётных методов:

- применение большинства методов для пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии или пациентов с патологически изменённым метаболизмом не имеет смысла (большинство методов составлены для условно здоровых людей);
- значимая разница в расчётных результатах и показателях непрямой калориметрии (эталонный метод) по результатам многочисленных исследований нутритивного статуса реанимационных пациентов;
- риск неправильной интерпретации результатов и ошибочных выводов при использовании в отделениях реанимации и интенсивной терапии.

Таким образом, расчётные методы определения энергопотребности пациентов не рекомендуются к использованию в отделениях реанимации и интенсивной терапии ввиду неточности полученных результатов, что, в свою очередь, ассоциировано с высоким риском ошибочных назначений [66].

Прямая калориметрия

В конце XVIII века французский химик Антуан Лавуазье и физик-математик Пьер Лаплас разработали первый в мире калориметр для животных. Он представлял

собой двустенный сосуд, внутренний слой которого заполнялся льдом, и куда помещалась морская свинка. С течением времени тепло, производимое морской свинкой, растапливало лёд, после чего полученная вода взвешивалась, и производились соответствующие расчёты. Позже эти исследователи стали оценивать количество углекислого газа, выделяемое при горении древесного угля, и сравнивали полученные коэффициенты с теплопродукцией животных. В результате они пришли к выводу, что тепло, образуемое организмом, получается в результате реакции медленного окисления углерода. Эти открытия полностью перевернули взгляд на метаболизм живых организмов.

В XIX веке был сконструирован первый в мире калориметр для человека, получивший название «калориметр Этуотера–Розы». Он позволял определять количество выделяемого углекислого газа (непрямая калориметрия) и одновременно проводил измерение тепла, вырабатываемого организмом (прямая калориметрия). Позже многочисленные исследования показали достоверность взаимосвязи прямой и непрямой калориметрии, в связи с чем исследование, основанное на определении вырабатываемого тепла, ушло в историю ввиду своей громоздкости и высокой стоимости. На сегодняшний день прямые калориметры можно встретить только в роли музейных экспонатов [67].

Преимущества прямой калориметрии:

- точность и объективность метода;
- простота интерпретации результатов.

Недостатки прямой калориметрии:

- необходимость в использовании громоздкого и дорогостоящего оборудования;
- продолжительное время исследования;
- необходимость исследуемому находиться одному в замкнутом пространстве (что ограничивает применение метода для многих пациентов, тем более реанимационного профиля).

Непрямая калориметрия

Этот метод основан на непрямом измерении метаболизма пациента путём оценки его газообмена. Современные метаболографы (приборы для проведения калориметрии) определяют количественный газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого пациентом воздуха. В 1949 году Ж.Б. Вейр предложил уравнение, в основе которого лежит оценка результата окисления субстрата и подсчёт объёма кислорода, необходимого для данного процесса [33]. Другими словами, при окислении углеводов и жиров поглощается кислород и выделяется углекислый газ, поэтому именно эти два параметра лежат в основе формулы. Измерение белкового окисления осуществляется путём определения общего азота мочи, выводимого почками.

$$ЕОО = 3,941 \times V(O_2) + 1,106 \times V(CO_2) - 2,17 \times ОА_{\text{мочи}}$$

где ЕОО — энергопотребность основного обмена по уравнению Вейра (ккал/сут); $V(O_2)$ — потребление кислорода (л/сут); $V(CO_2)$ — выделение углекислого газа (л/сут); $ОА_{\text{мочи}}$ — общий азот мочи (г/сут).

Принцип, согласно которому азот не утилизируется во время дыхания, позволил упростить уравнение Вейра [68]. Именно поэтому не нужно контролировать суточный объём мочи, а достаточно измерять только газовый состав и объём вдыхаемого и выдыхаемого воздуха — преобразование Холдейна:

$$ЕОО = 1,44 \times (3,796 \times V(O_2) + 1,214 \times V(CO_2)),$$

где ЕОО — энергопотребность основного обмена (ккал/сут); $V(O_2)$ — потребление кислорода (мл/мин); $V(CO_2)$ — выделение углекислого газа (мл/мин).

Однако для реализации этой методики необходимо соблюдение ряда условий: стабильный объём газовой смеси, отсутствие утечек, стабильные уровни мочевины и бикарбоната, спокойное положение пациента во время исследования и отсутствие нагрузок за 6–8 часов до начала теста. Длительность теста составляет от 10 до 30 минут.

Современные метаболографы не только рассчитывают величину основного обмена, но и позволяют судить о специфике метаболизма (преобладание гликолиза, липолиза, кетогенеза или др.). Появляется всё больше работ по изучению дыхательного коэффициента как маркера инсулинорезистентности, что позволяет максимально быстро и правильно планировать нутритивную поддержку [23, 67, 69–71].

Дыхательный коэффициент (RQ) рассчитывается как отношение выделяемого углекислого газа к объёму поглощённого кислорода:

$$RQ = V(CO_2) / V(O_2),$$

где RQ — дыхательный коэффициент; $V(O_2)$ — потребление кислорода (мл/мин); $V(CO_2)$ — выделение углекислого газа (мл/мин).

В основе метода лежит положение, что при окислении различных субстратов расходуются разные эквиваленты кислорода и углекислого газа. Например, общая формула окисления глюкозы выглядит следующим образом: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$, и при окислении 1 г глюкозы количество потреблённого кислорода и выделенного углекислого газа будут равны, следовательно, RQ будет равен 1. При окислении жиров: $C_{15}H_{31}COOH + 23O_2 = 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP$, коэффициенты кислорода и углекислого газа отличны: $RQ = 23 / 16 = 0,7$ (табл. 6) [64, 72–74].

Преимущества непрямой калориметрии:

- простота в использовании и интерпретации;
- прикроватная методика (не требует активных действий от пациента);
- неинвазивность и безопасность для пациента;

Таблица 6. Интерпретация дыхательного коэффициента**Table 6.** Interpretation of the respiratory coefficient

Дыхательный коэффициент RQ	Оценка
<0,65	Нестабильность пациента, метаболизм кетоновых тел или утечка в контуре
0,65–0,7	Метаболизм кетоновых тел
0,71–0,84	Преобладание окисления липидов и белков со снижением обмена углеводов
0,85	Смешанный метаболизм (норма)
0,86–1	Преобладание окисления глюкозы
>1	Преобладает липонегенез, утечка в дыхательном контуре или ошибка измерения

- объективность метода в сочетании с быстрым получением результата;
- специфичность и возможность не только определять суточную энергопотребность, но также оценивать особенности путей метаболизма и контролировать «усваиваемость» нутриентов;
- возможность применения методики как для пациентов на самостоятельном дыхании, так и при проведении ИВЛ.

Недостатки непрямой калориметрии:

- необходимость в дорогостоящем оборудовании;
- невозможность использования метода для пациентов с непостоянным составом газовой смеси;
- возможная погрешность результатов при применении «жестких» параметров ИВЛ;
- необходимость исключить утечку воздуха при проведении теста, в том числе по плевральным дренажам;
- затруднённая интерпретация результатов при дыхательной недостаточности.

Таким образом, инструментальные методы оценки нутритивного статуса и суточных энергопотребностей остаются золотым стандартом изучения метаболизма. Результаты этих методов объективны и мало зависят от внешних факторов. Применение данных методик чаще всего ограничено в связи с малодоступностью соответствующего медицинского оборудования.

Учитывая многообразие и непростой выбор оптимального набора существующих методик оценки нутритивного статуса пациента, особенно реанимационного профиля, мы предлагаем воспользоваться следующими рекомендациями (табл. 7).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно заключить, что тщательная оценка метаболического статуса и аргументированное назначение нутритивной терапии — необходимые современные методы мониторинга и лечения пациентов с тяжёлыми заболеваниями. Это особенно актуально для пациентов в отделениях реанимации. Однако реализация этой стратегии ассоциируется с необходимостью комплексного анализа

и динамического контроля большого количества антропометрических, лабораторных, расчётных и инструментальных показателей, что не всегда возможно в рутинной клинической практике.

В последние годы было выполнено много исследований с целью поиска золотого стандарта оценки состояния нутритивного статуса пациента и определения его трофологических потребностей. Однако до настоящего времени не найдено какого-либо одного или нескольких принципиальных показателей, которые в полной мере могут отражать состояние метаболизма. Это всегда совокупность различных данных, и чем тяжелее состояние пациента, тем более расширенный мониторинг необходимо использовать с последующей всесторонней и персонифицированной оценкой полученных результатов.

На сегодняшний день инструментальный метод непрямой калориметрии позволяет не только достаточно быстро и точно оценить энергопотребности пациента, но и аргументировано выбрать оптимальные питательные вещества. Этот метод даёт возможность персонифицировано реализовывать нутритивное обеспечение, в том числе у пациентов реанимационного профиля с тяжёлыми нарушениями гомеостаза. Однако реализация подобной оценки возможна только при наличии инновационного дорогостоящего медицинского оборудования и обученного медицинского персонала.

При отсутствии необходимой аппаратуры следует использовать актуальные рекомендации ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism) [56, 75], что позволит максимально минимизировать риски и ошибки оценки метаболизма и выбора нутритивного обеспечения. Согласно этим рекомендациям, необходимо осуществлять комплексный контроль за состоянием и динамикой трофологического статуса пациента путём дифференцированного использования описанных выше антропометрических, лабораторных и инструментальных методов контроля.

Следует подчеркнуть, что для правильной оценки состояния метаболизма пациента и проведения комплексного, в том числе нутритивного, лечения прежде всего необходимо руководствоваться классическими клиническими

Таблица 7. Практические рекомендации по использованию методов определения нутритивного статуса**Table 7.** Practical recommendations on the use of methods for determining nutritional status

При первом контакте с относительно стабильным пациентом (срок госпитализации менее 5–7 сут)	Антропометрические показатели (динамический контроль 1 раз в 5–7 сут)	Масса тела Окружность плеча, окружность мышц плеча и окружность шеи Кожно-жировые складки в 4 стандартных точках (над трицепсом плеча, над бицепсом плеча, над углом лопатки, над паховой складкой)
	Лабораторные показатели (динамический контроль 1 раз в 3–4 сут)	Общий белок крови, альбумин, преальбумины (как маркёры длительного предшествующего голодания и тяжести состояния) Глюкоза крови (контроль не менее 1 раз/сут) Кетоновые тела мочи
При первом контакте с относительно стабильным пациентом (срок госпитализации более 5–7 сут, изначальный скрининг отсутствовал)	Антропометрические показатели (динамический контроль 1 раз в 5–7 сут)	Масса тела Окружность плеча, окружность мышц плеча и окружность шеи Кожно-жировые складки в 4 стандартных точках (над трицепсом плеча, над бицепсом плеча, над углом лопатки, над паховой складкой)
	Лабораторные показатели (динамический контроль 1 раз в 3–4 сут)	Расчёт азотистого баланса Расчёт адекватности белкового питания Уровни холестерина и триглицеридов (при проведении парентерального питания) Глюкоза крови, кетоновые тела мочи, уровень лактата
	Комплексные методы	Биоимпедансометрия с дальнейшим динамическим контролем (при наличии оборудования) Непрямая калориметрия при первом контакте и с дальнейшим динамическим контролем (при наличии оборудования)
При первом контакте с пациентом в критическом состоянии	Антропометрические показатели (динамический контроль 1 раз в 3–5 сут)	Масса тела Окружность плеча, окружность мышц плеча и окружность шеи Кожно-жировые складки в 4 стандартных точках (над трицепсом плеча, над бицепсом плеча, над углом лопатки, над паховой складкой)
	Лабораторные показатели (ежедневный динамический контроль)	Расчёт азотистого баланса Расчёт адекватности белкового питания Уровни холестерина и триглицеридов (при проведении парентерального питания) Глюкоза крови Кетоновые тела мочи Соотношение лактата и пирувата
	Комплексные методы	Биоимпедансометрия с дальнейшим динамическим контролем (при наличии оборудования) Непрямая калориметрия при первом контакте и с дальнейшим динамическим контролем (при наличии оборудования)

принципами: данные анамнеза, всестороннее обследование, выявление ведущих причин, определяющих тяжесть состояния, наличие сопутствующей патологии, состояние компенсаторных механизмов, персонифицированная комплексная оценка. Всегда необходима фиксация антропометрических показателей пациента (сразу при его поступлении в клинику или в отделение реанимации и интенсивной терапии, когда энергетические депо организма ещё не истощены), далее, в зависимости от его состояния,

индивидуально в каждой конкретной клинической ситуации следует выполнить соответствующий лабораторно-инструментальный скрининг, определить уточняющие расчётные индексы, а затем проводить динамический контроль принципиальных показателей.

Нельзя не отметить, что благодаря развитию современных медицинских и цифровых технологий в последние десятилетия во все отрасли здравоохранения активно внедряются инновационные методы диагностики, лечения

и мониторинга. В их основе лежит возможность мощных процессоров быстро обрабатывать большие базы данных и на основании математических алгоритмов представлять точные конечные результаты в цифровом или графическом виде. Это служит толчком для бурного прогресса медицинской техники, следящей аппаратуры, принципиально новых хирургических методов лечения, которые позволяют значительно быстрее, безопаснее и эффективнее проводить диагностику заболевания, выполнять разнообразные лечебно-диагностические интервенции, протезировать различные функции организма. Использование этих технологий даст возможность прецизионно оценить состояние метаболизма пациентов, находящихся в критическом состоянии, для адекватной и персонализированной реализации нутритивного и комплексного лечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение

исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.Д. Слестников — формирование концепции, подбор литературных источников, написание статьи; А.В. Власенко — организация, формирование концепции, редактирование статьи; Е.А. Евдокимов, А.Е. Шестопалов — организация, редактирование статьи, подбор литературных источников; Е.П. Родионов, А.Г. Корякин, И.С. Ключев, В.И. Маковой, В.В. Ерофеев — редактирование статьи, подбор литературных источников.

ADDITIONAL INFO

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.D. Slastnikov — concept, selection of literary sources, writing an article; A.V. Vlasenko — organization, concept, article editing; E.A. Evdokimov, A.E. Shestopalov — organization, article editing, selection of literary sources; E.P. Rodionov, A.G. Koryakin, I.S. Klyuev, V.I. Makovei, V.V. Erofeev — article editing, selection of literary sources.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Studley H.O. Percentage of weight loss: a basic indicator of surgical risk in patients with chronic peptic ulcer. 1936 // *Nutr Hosp*. 2001. Vol. 16, N 4, P. 141–143.
2. Луфт В.М., Костюченко А.Л., Лейдерман И.Н. Руководство по клиническому питанию в интенсивной медицине. Санкт-Петербург, Екатеринбург : Фарм Инфо, 2003. EDN: ZDZCQN
3. Луфт В.М., Хорошилов И.Е. Нутриционная поддержка больных в клинической практике. Санкт-Петербург : ВМедА, 1997.
4. Салтанов А.И., Обухова О.А., Кадырова Э.Г. Оценка питательного статуса в анестезиологии и интенсивной терапии // *Вестник интенсивной терапии*. 1996. № 4. С. 42–48.
5. Бояринцев В.В., Евсеев М.А. Метаболизм и нутритивная поддержка хирургического пациента: Руководство для врачей. Санкт-Петербург : Онли-Пресс, 2017. EDN: ODHTQG
6. Хендерсон Д.М. Патофизиология органов пищеварения. Пер. с англ. Москва : БИНОМ, 2022. EDN: QLWWVR
7. Shenkin A. Serum prealbumin: Is it a marker of nutritional status or of risk of malnutrition? // *Clin Chem*. 2006. Vol. 52, N 12. P. 2177–2179. doi: 10.1373/clinchem.2006.077412
8. Fuhrman M.P., Charney P., Mueller C.M. Hepatic proteins and nutrition assessment // *J Am Diet Assoc*. 2004. Vol. 104, N 8. P. 1258–1264. doi: 10.1016/j.jada.2004.05.213
9. Elia M., Cummings J.H. Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates // *Eur J Clin Nutr*. 2007. Vol. 61 Suppl 1. P. 40–74. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602938
10. Зильбер А.П. Медицина критических состояний: общие проблемы. Петрозаводск : Издательство ПГУ, 1995.
11. Луфт В.М. Клиническое питание больных в интенсивной медицине: практическое руководство / под ред. Луфта В.М., Багненко С.Ф., издание второе, дополненное. Санкт-Петербург : Арт-Экспресс, 2013.
12. Костюкевич О.И., Свиридов С.В., Рылова А.К., и др. Недостаточность питания: от патогенеза к современным методам диагностики и лечения // *Терапевтический архив*. 2017. Т. 89, № 12. С. 216–225. EDN: YPOPRP doi: 10.17116/terarkh20178912216-225
13. Хорошилов И.Е. Руководство по парентеральному и энтеральному питанию. Санкт-Петербург : Нормед-Издат, 2000.
14. Смирнова Г.А., Андриянов А.И., Кравченко Е.В., Коновалова И.А. Выбор оптимальных методик определения идеальной массы тела для оценки состояния питания // *Вопросы питания*. 2019. № 5. С. 39–44. EDN: MSKCFS doi: 10.24411/0042-8833-2019-10052
15. Смирнова Г.А., Кравченко Е.В., Коновалова И.А. Выбор оптимальных методик для определения статуса питания военнослужащих // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2018. № 3 (63). С. 164–168. EDN: ZCZCBV
16. Брель Н.К., Коков А.Н., Груздева О.В. Достоинства и ограничения различных методов диагностики висцерального ожирения // *Ожирение и метаболизм*. 2018. Т. 15, № 4. С. 3–8. EDN: VXHUXR doi: 10.14341/omet9510
17. Гирш А.О., Мальков О.А., Хорова Е.Ю., Куракин В.И. Информативность отдельных показателей нутритивного статуса у онкохирургических больных // *Омский научный вестник*. 2012. № 2. С. 103–106. EDN: PMJVXJ

18. Иванов С.В., Хорошилов И.Е. Применяемые в клинике методы оценки нутриционного статуса при недостаточности питания // Ученые записки СПбГМУ им. И.П. Павлова. 2011. Т. 18, № 1. С. 63–67. EDN: SNMRWH
19. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство 2-е изд. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022.
20. Barendregt K., Soeters P.B., Allison S.P., Kondrup J. Basic concepts in nutrition: Diagnosis of malnutrition — Screening and assessment // Clin Nutr ESPEN. 2008. Vol. 3, N 3. P. 121–125. doi: 10.1016/j.clnesp.2008.02.004
21. Ройтберг Г.Е., Струтынский А.В. Внутренние болезни. Лабораторная и инструментальная диагностика: учебное пособие, 6-е изд. Москва : МЕДпресс-информ, 2021.
22. Berger M.M., Reintam-Blaser A., Calder P.C., et al. Monitoring nutrition in the ICU // Clinical Nutrition. 2019. Vol. 38, N 2. P. 584–593. doi: 10.1016/j.clnu.2018.07.009
23. De Waele E., Jonckheer J., Wischmeyer P.E. Indirect calorimetry in critical illness: a new standard of care? // Curr Opin Crit Care. 2021. Vol. 27, N 4. P. 334–343. doi: 10.1097/MCC.0000000000000844
24. Faisy C., Guerot E., Diehl J.L., Labrousse J., Fagon J.Y. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients // Am J Clin Nutr. 2003. Vol. 78. P. 241–249. doi: 10.1093/ajcn/78.2.241
25. Bernstein L., Bachman T., Meguid M., et al. Measurement of visceral protein status in assessing protein and energy malnutrition: standard of care. Prealbumin in Nutritional Care Consensus Group // Nutrition. 1995. Vol. 11, N 2. P. 169–171.
26. Casati A., Muttini S., Leggieri C., et al. Rapid turnover proteins in critically ill ICU patients. Negative acute phase proteins or nutritional indicators? // Minerva Anestesiologica. 1998. Vol. 64, N 7–8. P. 345–350.
27. Devoto G., Gallo F., Marchello C., et al. Prealbumin serum levels as a useful tool in the assessment of malnutrition in hospitalized patients // Clin Chem. 2006. Vol. 52, N 12. P. 2281–2285. doi: 10.1373/clinchem.2006.080366
28. Segadilha N.L., Rocha E.E., Tanaka L.M., et al. Energy Expenditure in Critically Ill Elderly Patients: Indirect Calorimetry vs Predictive Equations // JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2017. Vol. 41, N 5. P. 776–784. doi: 10.1177/0148607115625609
29. Harris J.A. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Washington DC : Carnegie Institute, 1919.
30. Evans D.C., Corkins M.R., Malone A., et al. ASPEN Malnutrition Committee. The Use of Visceral Proteins as Nutrition Markers: An ASPEN Position Paper // Nutr Clin Pract. 2021. Vol. 36, N 1. P. 22–28. doi: 10.1002/ncp.10588
31. Frankenfield D., Hise M., Malone A., et al. Evidence Analysis Working Group. 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, N 9. P. 1552–1561. doi: 10.1016/j.jada.2007.06.010
32. Oshima T., Berger M.M., De Waele E., et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group // Clin. Nutr. 2016. Vol. 36, N 3. P. 651–662. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010
33. Weir J.B. A new method for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism // J Physiol. 1949. Vol. 109, N 1–2. P. 1–9. doi: 10.1113/jphysiol.1949.sp004363
34. White J.V., Guenter P., Jensen G., et al. Consensus statement: Academy of Nutrition and Dietetics and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: characteristics recommended for the identification and documentation of adult malnutrition (undernutrition) // JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2012. Vol. 36, N 3. P. 275–283. doi: 10.1177/0148607112440285
35. Balasubramanian S., Tran D.H., Serra M., et al. Assessing calorie and protein recommendations for survivors of critical illness weaning from prolonged mechanical ventilation — can we find a proper balance? // Clin Nutr ESPEN. 2021. Vol. 45. P. 449–453. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.07.001
36. Шестопалов А.Е., Попова Т.С., Яковлев А.А., и др. Интенсивная терапия. Национальное руководство. Краткое издание. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019.
37. Кучиева М.Б., Чаплыгина Е.В. Анатомические параметры шеи в возрастном и половом аспектах. Клиническое значение // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2020. № 2. С. 14–17. EDN: JNVFSR
38. Брока П. Общие инструкции для антропологических исследований и наблюдений, составленные П. Брока, секретарем Парижского антропологического общества / пер. и доп. А. Богданова. Москва : Унив. тип., 1965.
39. Bekar C., Açıkgöz A., Turkoğlu I., Melekoglu E. Assessment of nutritional status and anthropometric measurement of patient with renal failure // Clinical Nutrition. 2018. Vol. 37, Suppl. 1. P. 111. doi: 10.1016/j.clnu.2018.06.1423
40. Blanck H.M., Bowman B.A., Cooper G.R., Myers G.L., Miller D.T. Laboratory issues: use of nutritional biomarkers // J Nutr. 2003. Vol. 133, Suppl. 3. P. 888–894. doi: 10.1093/jn/133.3.888S
41. Mourad F.H., Saadé N.E. Neural regulation of intestinal nutrient absorption // Prog Neurobiol. 2011. Vol. 95, N 2. P. 149–162. doi: 10.1016/j.pneurobio.2011.07.010
42. Никифорова Ю.Г., Точило С.А., Марочков А.В. Сравнительная оценка информативности определения прокальцитонина, С-реактивного белка и холестерина как лабораторных маркеров сепсиса // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2016. Т. 13, № 1. С. 47–52. EDN: VRWBGR doi: 10.21292/2078-5658-2016-13-1-47-52
43. Demir M.V., Tamer A., Cinemre H., et al. Nutritional status and laboratory parameters among internal medicine inpatients // Niger J Clin Pract. 2015. Vol. 18, N 6. P. 757–761. doi: 10.4103/1119-3077.158145
44. Lang P.O., Trivalle C., Vogel T., et al. Determination of Cutoff Values for DEXA-Based Body Composition Measurements for Determining Metabolic and Cardiovascular Health // Biores Open Access. 2015. Vol. 4, N 1. P. 16–25. doi: 10.1089/biores.2014.0056
45. Тарусов Б.Н. О диэлектрической константе мышцы // Доклады АН СССР. 1934. № 3(5). С. 353–356.
46. Тарусов Б.Н. Электропроводность как метод определения жизнеспособности тканей // Архив биологических наук. 1938. № 52 (2). С. 178–181.
47. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2017. Т. 12, № 4. С. 365–384. EDN: YNSXGC doi: 10.21638/11701/spbu11.2017.406
48. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный состав тела человека. Москва : Наука, 2009.
49. Bolanowski M., Nilsson B.E. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis // Med Sci Monit. 2001. Vol. 7, N 5. P. 1029–1033.

50. Dumler F. Use of bioelectric impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry for monitoring the nutritional status of dialysis patients // *ASAIO J.* 1997. Vol. 43, N 3. P. 256–260.
51. Чепель Т.В., Ладная А.А. Биоимпедансометрия: достижения и клинические возможности (обзор литературы) // *Дальневосточный медицинский журнал.* 2020. № 2. С. 86–97. EDN: QUAUBV doi: 10.35177/1994-5191-2020-2-86-95
52. Goodman B.E. Insights into digestion and absorption of major nutrients in humans // *Adv Physiol Educ.* 2010. Vol. 34, N 2. P. 44–53. doi: 10.1152/advan.00094.2009
53. Kenny G.P., Notley S.R., Gagnon D. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation // *Eur J Appl Physiol.* 2017. Vol. 117, N 9. P. 1765–1785. doi: 10.1016/j.clnu.2020.04.017
54. Bachrach L.K. Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) measurements of bone density and body composition: promise and pitfalls // *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2000. Vol. 13 Suppl 2. P. 983–988.
55. Лященко Ю.Н. Критерии эффективности искусственного лечебного питания в хирургии // *Вест. Хир.* 1987. Т. 139, № 10. С. 133–137.
56. Pierre Singer P., Blaser A.R., Berger M.M. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit // *Clinical Nutrition.* 2023. Vol. 42, N 9. P. 1671–1689. doi: 10.1016/j.clnu.2023.07.011
57. Fleck A., Hawker F., Wallace P.I., et al. Increased vascular permeability: a major cause of hypoalbuminaemia in disease and injury // *Lancet.* 1985. Vol. 325, N 8432. P. 781–784. doi: 10.1016/S0140-6736(85)91447-3
58. Haarbo J., Gotfredsen A., Hassager C., Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) // *Clin Physiol.* 1991. Vol. 11, N 4. P. 331–341.
59. 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, N 12. P. 2684–2689. doi: 10.1097/00003246-199912000-00013
60. Vincent J.L., Russell J.A., Jacob M., et al. Albumin administration in the acutely ill: what is new and where next? // *Crit Care.* 2014. Vol. 18, N 4. P. 231–235. doi: 10.1186/cc13991
61. 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, N 2. P. 241–247. doi: 10.1093/ajcn/51.2.241
62. Frankenfield D.C., Coleman A., Alam S., Cooney R.N. Analysis of Estimation Methods for Resting Metabolic Rate in Critically Ill Adults // *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition.* 2008. Vol. 33, N 1. P. 27–36. doi: 10.1177/0148607108322399
63. Maile M.D., Sigakis M.J., Stringer K.A., Jewell E.S., Engoren M.C. Impact of the pre-illness lipid profile on sepsis mortality // *J Crit Care.* 2020. Vol. 57. P. 197–202. doi: 10.1016/j.jccr.2020.01.016
64. Ireton-Jones C.S., Turner W.W., Liepa G.U., Baxter C.R. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status // *J Burn Care Rehabil.* 1992. Vol. 13, N 3. P. 330–333. doi: 10.1097/00004630-199205000-00005
65. Ingenbleek Y., Bernstein L. Plasma Transthyretin as a Biomarker of Lean Body Mass and Catabolic States // *Advances in Nutrition.* 2015. Vol. 6, N 5. P. 572–580. Erratum in: *Adv. Nutr.* 2015. Vol. 6, N 6. P. 867. doi: 10.3945/an.115.011148
66. Zusman O., Kagan I., Bendavid I., et al. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: A retrospective validation // *Clin Nutr.* 2019. Vol. 38, N 3. P. 1206–1210. doi: 10.1016/j.clnu.2018.04.020
67. Jonckheer J., Demol J., Lanckmans K., et al. MECCIAS trial: Metabolic consequences of continuous veno-venous hemofiltration on indirect calorimetry // *Clin Nutr.* 2020. Vol. 39, N 12. P. 3797–3803. doi: 10.1016/j.clnu.2020.04.017
68. Wasyluk W., Zwolak A., Jonckheer J., De Waele E., Dąbrowski W. Methodological Aspects of Indirect Calorimetry in Patients with Sepsis-Possibilities and Limitations // *Nutrients.* 2022. Vol. 14, N 5. P. 930–934. doi: 10.3390/nu14050930
69. 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. Т. 23, № 6. С. 329–333. EDN: LWEGXM doi: 10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
70. Cooney R.N., Frankenfield D.C. Determining energy needs in critically ill patients: equations or indirect calorimeters // *Curr Opin Crit Care.* 2012. Vol. 18, N 2. P. 174–177.
71. Nabavi A., Allami A., QasemiBarqi R. Changes in plasma lipid and in-hospital deaths in patients with sepsis // *Med J Islam Repub Iran.* 2020. Vol. 34. P. 45. doi: 10.34171/mjiri.34.45
72. Raguso C.A., Dupertuis Y.M., Pichard C. The role of visceral proteins in the nutritional assessment of intensive care unit patients // *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2003. Vol. 6, N 2. P. 211–216. doi: 10.1097/00075197-200303000-00010
73. Walker R.N., Heuberger R.A. Predictive equations for energy needs for the critically ill // *Respir Care.* 2009. Vol. 54, N 4. P. 509–521.
74. Wang X., Wang Y., Ding Z., et al. Relative validity of an indirect calorimetry device for measuring resting energy expenditure and respiratory quotient // *Asia Pac J Clin Nutr.* 2018. Vol. 27, N 1. P. 72–77. doi: 10.6133/apjcn.032017.02
75. Singer P. Protein metabolism and requirements in the ICU // *Clin Nutr ESPEN.* 2020. Vol. 38. P. 3–8. doi: 10.1016/j.clnesp.2020.03.026

REFERENCES

1. Studley H.O. Percentage of weight loss: a basic indicator of surgical risk in patients with chronic peptic ulcer. 1936. *Nutr Hosp.* 2001;16(4):141–143.
2. Luft VM, Kostyuchenko AL, Leiderman IN. *Handbook of Clinical Nutrition in Intensive Care Medicine.* Saint Petersburg, Ekaterinburg: Farm. Info; 2003. (In Russ). EDN: ZDZCQN
3. Luft VM, Khoroshilov IE. *Nutritional support for patients in clinical practice.* Saint Petersburg: VMedA; 1997. (In Russ).
4. Saltanov AI, Obukhova OA, Kadyrova EG. Assessment of nutritional status in anesthesiology and intensive care medicine. *Annals of Critical Care.* 1996;(4):42–48. (In Russ).
5. Boyarintsev VV, Evseev MA. *Metabolism and nutritional support in surgical patients. Doctor's manual.* Saint Petersburg: Only-Press; 2017. (In Russ). EDN: ODHTQG
6. Henderson JM. *Pathophysiology of the digestive organs. Transl. from English.* Moscow: BINOM; 2022. (In Russ). EDN: QLWWVR

7. Shenkin A. Serum prealbumin: Is it a marker of nutritional status or of risk of malnutrition. *Clin Chem*. 2006;52(12):2177–2179. doi: 10.1373/clinchem.2006.077412
8. Fuhrman MP, Charney P, Mueller CM. Hepatic proteins and nutrition assessment. *J Am Diet Assoc*. 2004;104(8):1258–1264. doi: 10.1016/j.jada.2004.05.213
9. Elia M, Cummings JH. Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61 Suppl. 1:40–74. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602938
10. Zil'ber AP. *Critical care medicine: common problems*. Petrozavodsk: Izdatel'stvo PGU; 1995. (In Russ).
11. Luft VM. *Clinical nutrition of patients in intensive care medicine: a practical guide*. Luft VM, Bagnenko SF, editors. Saint Petersburg: Art-Express; 2013. (In Russ).
12. Kostyukevich OI, Sviridov SV, Rylova AK, et al. Malnutrition: from pathogenesis to current methods for diagnosis and treatment. *Terapevticheskii arkhiv*. 2017;89(12-2):216–225. EDN: YPOPRP doi: 10.17116/terarkh20178912216-225
13. Khoroshilov IE. *Guidelines for parenteral and enteral nutrition*. Saint Petersburg: Normed-Izdat; 2000. (In Russ).
14. Smirnova GA, Andriyanov AI, Kravchenko EV, Konovalova IA. The selection of optimal methods for determining the perfect body weight for the assessment of the nutritional status. *Voprosy pitaniia*. 2019;(5):39–44. EDN: MSKCFS doi: 10.24411/0042-8833-2019-10052
15. Smirnova GA, Kravchenko EV, Konovalova IA. The selection of optimal methods for the determining the nutritional status of soldiers. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018;(3(63)): 164–168. EDN: ZCZCBV
16. Brel NK, Kokov AN, Gruzdeva OV. Advantages and disadvantages of different methods for diagnosis of visceral obesity. *Obesity and metabolism*. 2018;15(4):3–8. EDN: VXHUXR doi: 10.14341/omet9510
17. Girsh AO, Malkov OA, Khorov EYu, Kurakin VI. Information value of individual indicators of nutritional status in oncological patients. *Omsk Scientific Bulletin*. 2012;(2):103–106. EDN: PMJVXJ
18. Ivanov SV, Khoroshilov IE. Nutritional status assessment in undernourished hospital patients. *The scientific notes of the Pavlov university*. 2011;18(1):63–67. EDN: SNMRWH
19. Tutel'yan VA, Nikityuk DB. *Nutriciology and Clinical Dietetics: A National Guide 2nd ed*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. (In Russ).
20. Barendregt K, Soeters PB, Allison SP, Kondrup J. Basic concepts in nutrition: Diagnosis of malnutrition — Screening and assessment. *Clin Nutr ESPEN*. 2008;3(3):121–125. doi: 10.1016/j.eclnm.2008.02.004
21. Roitberg GE, Strutynskii AV. *Internal diseases. Laboratory and instrumental diagnostics: textbook, 6th ed*. Moscow: MEDpress-inform; 2021. (In Russ).
22. Berger MM, Reintam-Blaser A, Calder PC, et al. Monitoring nutrition in the ICU. *Clinical Nutrition*. 2019;38(2):584–593. doi: 10.1016/j.clnu.2018.07.009
23. De Waele E, Jonckheer J, Wischmeyer PE. Indirect calorimetry in critical illness: a new standard of care. *Curr Opin Crit Care*. 2021;27(4):334–343. doi: 10.1097/MCC.0000000000000844
24. Faisy C, Guerot E, Diehl JL, Labrousse J, Fagon JY. Assessment of resting energy expenditure in mechanically ventilated patients. *Am J Clin Nutr*. 2003;78:241–249. doi: 10.1093/ajcn/78.2.241
25. Bernstein L, Bachman T, Meguid M, et al. Measurement of visceral protein status in assessing protein and energy malnutrition: standard of care. Prealbumin in Nutritional Care Consensus Group. *Nutrition*. 1995;11(2):169–171.
26. Casati A, Muttini S, Leggieri C, et al. Rapid turnover proteins in critically ill ICU patients. Negative acute phase proteins or nutritional indicators. *Minerva Anestesiol*. 1998;64(7-8):345–350.
27. Devoto G, Gallo F, Marchello C, et al. Prealbumin serum levels as a useful tool in the assessment of malnutrition in hospitalized patients. *Clin Chem*. 2006;52(12):2281–2285. doi: 10.1373/clinchem.2006.080366
28. Segadilha NL, Rocha EE, Tanaka LM, et al. Energy Expenditure in Critically Ill Elderly Patients: Indirect Calorimetry vs Predictive Equations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2017;41(5):776–784. doi: 10.1177/0148607115625609
29. Harris JA. *A Biometric Study of Basal Metabolism in Man*. Washington DC: Carnegie Institute; 1919.
30. Evans DC, Corkins MR, Malone A, et al. ASPEN Malnutrition Committee. The Use of Visceral Proteins as Nutrition Markers: An ASPEN Position Paper. *Nutr Clin Pract*. 2021;36(1):22–28. doi: 10.1002/ncp.10588
31. Frankenfield D, Hise M, Malone A, et al. Evidence Analysis Working Group. Prediction of resting metabolic rate in critically ill adult patients: results of a systematic review of the evidence. *J Am Diet Assoc*. 2007;107(9):1552–1561. doi: 10.1016/j.jada.2007.06.010
32. Oshima T, Berger MM, De Waele E, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clin Nutr*. 2016;36(3):651–662. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010
33. Weir JB. A new method for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*. 1949;109(1-2): 1–9. doi: 10.1113/jphysiol.1949.sp004363
34. White JV, Guenter P, Jensen G, et al. Consensus statement: Academy of Nutrition and Dietetics and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: characteristics recommended for the identification and documentation of adult malnutrition (undernutrition). *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2012;36(3):275–283. doi: 10.1177/0148607112440285
35. Balasubramanian S, Tran DH, Serra M, et al. Assessing calorie and protein recommendations for survivors of critical illness weaning from prolonged mechanical ventilation — can we find a proper balance. *Clin Nutr ESPEN*. 2021;45:449–453. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.07.001
36. Shestopalov AE, Popova TS, Yakovlev AA, et al. *Intensive care. A national guideline. Concise edition*. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. (In Russ).
37. Kuchieva MB, Chaplygina EV. Anatomical parameters of the neck in age and gender aspects. Clinical significance. *Volgograd Scientific Medical Journal*. 2020;(2):14–17. EDN: JNVFSR
38. Broca P. *General Instructions for Anthropological Research and Observations by P. Broca, Secretary of the Paris Anthropological Society*. Bogdanova A, editor. Moscow: Univ. typ.; 1965.
39. Bekar C, Açıkgöz A, Turkoğlu I, Melekoglu E. Assessment of nutritional status and anthropometric measurement of patient with renal failure. *Clinical Nutrition*. 2018;37 Suppl. 1:111. doi: 10.1016/j.clnu.2018.06.1423
40. Blanck HM, Bowman BA, Cooper GR, Myers GL, Miller DT. Laboratory issues: use of nutritional biomarkers. *J Nutr*. 2003; 133 Suppl. 3:888–894. doi: 10.1093/jn/133.3.888S
41. Mourad FH, Saadé NE. Neural regulation of intestinal nutrient absorption. *Prog Neurobiol*. 2011;95(2):149–162. doi: 10.1016/j.pneurobio.2011.07.010

42. Nikiforova YuG, Tochilo SA, Marochkov AV. Comparative efficiency of informativeness of testing for procalcitonin, s-reactive protein and cholesterol as laboratory markers of sepsis. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2016;13(1):47–52. EDN: VRWBGR doi: 10.21292/2078-5658-2016-13-1-47-52
43. Demir MV, Tamer A, Cinemre H, et al. Nutritional status and laboratory parameters among internal medicine inpatients. *Niger J Clin Pract*. 2015;18(6):757–761. doi: 10.4103/1119-3077.158145
44. Lang PO, Trivalle C, Vogel T, et al. Determination of Cutoff Values for DEXA-Based Body Composition Measurements for Determining Metabolic and Cardiovascular Health. *Biores Open Access*. 2015;4(1):16–25. doi: 10.1089/biores.2014.0056
45. Tarusov BN. On the dielectric constant of the muscle. *Doklady AN SSSR*. 1934;3(5):353–356. (In Russ).
46. Tarusov BN. Electrical conductivity as a method for determining the viability of tissues. *Arhiv biologicheskikh nauk*. 1938;52(2):178–181. (In Russ).
47. Gaivoronskiy IV, Nichiporuk GI, Gaivoronskiy IN, Nichiporuk NG. Bioimpedansometry as a method of the component bodystructure assessment (review). *Vestnik of St Petersburg University. Medicine*. 2017;12(4):365–384. EDN: YNSXGC doi: 10.21638/11701/spbu11.2017.406
48. Nikolaev DV, Smirnov AV, Bobrinskaya IG, Rudnev SG. *Bioimpedance human body composition*. Moscow: Nauka; 2009. (In Russ).
49. Bolanowski M, Nilsson BE. Assessment of human body composition using dual-energy x-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. *Med Sci Monit*. 2001;7(5):1029–1033.
50. Dumlér F. Use of bioelectric impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry for monitoring the nutritional status of dialysis patients. *ASAIO J*. 1997;43(3):256–260.
51. Chepel TV, Ladnaya AA. Bioimpedancemetry: achievements and clinical possibilities (literature review). *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal*. 2020;(2):86–97. EDN: QUAUBV doi: 10.35177/1994-5191-2020-2-86-95
52. Goodman BE. Insights into digestion and absorption of major nutrients in humans. *Adv Physiol Educ*. 2010;34(2):44–53. doi: 10.1152/advan.00094.2009
53. Kenny GP, Notley SR, Gagnon D. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(9):1765–1785. doi: 10.1016/j.clnu.2020.04.017
54. Bachrach LK. Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) measurements of bone density and body composition: promise and pitfalls. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2000;13 Suppl. 2:983–988.
55. Lyashchenko YuN. Criteria of effectiveness of artificial therapeutic nutrition in surgery. *Vestnik khirurgii*. 1987;139(10):133–137. (In Russ).
56. Pierre Singer P, Blaser AR, Berger MM. ESPEN practical and partially revised guideline: Clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition*. 2023;42(9):1671–1689. doi: 10.1016/j.clnu.2023.07.011
57. Fleck A, Hawker F, Wallace PI, et al. Increased vascular permeability: a major cause of hypoalbuminaemia in disease and injury. *Lancet*. 1985;325(8432):781–784. doi: 10.1016/S0140-6736(85)91447-3
58. Haarbo J, Gotfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clin Physiol*. 1991;11(4):331–341.
59. Brandi LS, Santini L, Bertolini R, et al. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients. *Crit Care Med*. 1999;27(12):2684–2689. doi: 10.1097/00003246-199912000-00013
60. Vincent JL, Russell JA, Jacob M, et al. Albumin administration in the acutely ill: what is new and where next. *Crit Care*. 2014;18(4):231–235. doi: 10.1186/cc13991
61. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, et al. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*. 1990;51(2):241–247. doi: 10.1093/ajcn/51.2.241
62. Frankenfield DC, Coleman A, Alam S, Cooney RN. Analysis of Estimation Methods for Resting Metabolic Rate in Critically Ill Adults. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2008;33(1):27–36. doi: 10.1177/0148607108322399
63. Maile MD, Sigakis MJ, Stringer KA, Jewell ES, Engoren MC. Impact of the pre-illness lipid profile on sepsis mortality. *J Crit Care*. 2020;57:197–202. doi: 10.1016/j.jccr.2020.01.016
64. Ireton-Jones CS, Turner WW, Liepa GU, Baxter CR. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *J Burn Care Rehabil*. 1992;13(3):330–333. doi: 10.1097/00004630-199205000-00005
65. Ingenbleek Y, Bernstein L. Plasma Transthyretin as a Biomarker of Lean Body Mass and Catabolic States. *Advances in Nutrition*. 2015;6(5):572–580. Erratum in: *Adv. Nutr*. 2015;6(6):867. doi: 10.3945/an.115.011148
66. Zusman O, Kagan I, Bendavid I, et al. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: A retrospective validation. *Clin Nutr*. 2019;38(3):1206–1210. doi: 10.1016/j.clnu.2018.04.020
67. Jonckheer J, Demol J, Lanckmans K, et al. MECCIAS trial: Metabolic consequences of continuous veno-venous hemofiltration on indirect calorimetry. *Clin Nutr*. 2020;39(12):3797–3803. doi: 10.1016/j.clnu.2020.04.017
68. Wasyluk W, Zwolak A, Jonckheer J, De Waele E, Dąbrowski W. Methodological Aspects of Indirect Calorimetry in Patients with Sepsis-Possibilities and Limitations. *Nutrients*. 2022;14(5):930–934. doi: 10.3390/nu14050930
69. Glebova ES, Ivanova-Davidova EV, Amcheslavsky VG. Indirect calorimetry as an objective technique for assessing energy needs of patients in critical states. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2019;23(6):329–333. EDN: LWEGXM doi: 10.18821/1560-9510-2019-23-6-329-334
70. Cooney RN, Frankenfield DC. Determining energy needs in critically ill patients: equations or indirect calorimeters. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(2):174–177.
71. Nabavi A, Allami A, QasemiBarqi R. Changes in plasma lipid and in-hospital deaths in patients with sepsis. *Med J Islam Repub Iran*. 2020;34:45. doi: 10.34171/mjiri.34.45
72. Raguso CA, Dupertuis YM, Pichard C. The role of visceral proteins in the nutritional assessment of intensive care unit patients. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2003;6(2):211–216. doi: 10.1097/00075197-200303000-00010
73. Walker RN, Heuberger RA. Predictive equations for energy needs for the critically ill. *Respir Care*. 2009;54(4):509–521.
74. Wang X, Wang Y, Ding Z, et al. Relative validity of an indirect calorimetry device for measuring resting energy expenditure and respiratory quotient. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2018;27(1):72–77. doi: 10.6133/apjcn.032017.02
75. Singer P. Protein metabolism and requirements in the ICU. *Clin Nutr ESPEN*. 2020;38:3–8. doi: 10.1016/j.clnesp.2020.03.026

ОБ АВТОРАХ

*** Слостников Евгений Дмитриевич;**

адрес: Россия, 129301, Москва, ул. Космонавтов, д. 7;

ORCID: 0000-0003-2843-8672;

eLibrary SPIN: 3266-4470;

e-mail: Slast08@yandex.ru

Власенко Алексей Викторович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0003-4535-2563;

eLibrary SPIN: 2618-0810;

e-mail: dr.vlasenko67@mail.ru

Евдокимов Евгений Александрович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-8569-8667;

eLibrary SPIN: 1296-7365;

e-mail: ea_evdokimov@mail.ru

Шестопалов Александр Ефимович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5278-7058;

eLibrary SPIN: 7531-6925;

e-mail: ashest@yandex.ru

Родионов Евгений Петрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-3852-8877;

eLibrary SPIN: 2248-2175;

e-mail: dr.rodionov@gmail.com

Корякин Альберт Геннадьевич;

ORCID: 0000-0002-5477-4242;

eLibrary SPIN: 3163-3151;

e-mail: koriakinalbert@gmail.com

Клюев Иван Сергеевич;

ORCID: 0000-0003-1050-0415;

e-mail: ivan.kluev11@gmail.com

Маковой Виктория Ивановна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-7263-0058;

e-mail: nica-m-med@yandex.ru

Ерофеев Владимир Владимирович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-7320-3322;

eLibrary SPIN: 4802-4328;

e-mail: ErofeevVV@rmapo.ru

AUTHORS' INFO

*** Evgeniy D. Slastnikov, MD;**

address: 7 Kosmonavtov str., Moscow, 129301, Russia;

ORCID: 0000-0003-2843-8672;

eLibrary SPIN: 3266-4470;

e-mail: Slast08@yandex.ru

Alexey V. Vlasenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0003-4535-2563;

eLibrary SPIN: 2618-0810;

e-mail: dr.vlasenko67@mail.ru

Evgeniy A. Evdokimov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0001-8569-8667;

eLibrary SPIN: 1296-7365;

e-mail: ea_evdokimov@mail.ru

Alexander E. Shestopalov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-5278-7058;

eLibrary SPIN: 7531-6925;

e-mail: ashest@yandex.ru

Evgeniy P. Rodionov, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-3852-8877;

eLibrary SPIN: 2248-2175;

e-mail: dr.rodionov@gmail.com

Albert G. Koryakin, MD;

ORCID: 0000-0002-5477-4242;

eLibrary SPIN: 3163-3151;

e-mail: koriakinalbert@gmail.com

Ivan S. Klyuev, MD;

ORCID: 0000-0003-1050-0415;

e-mail: ivan.kluev11@gmail.com

Victoria I. Makovei, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-7263-0058;

e-mail: nica-m-med@yandex.ru

Vladimir V. Erofeev, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-7320-3322;

eLibrary SPIN: 4802-4328;

e-mail: ErofeevVV@rmapo.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author