

Метаболический статус пациента в отделении реанимации и выбор методов его оценки (современное состояние вопроса)

Е. Д. Сластников¹, 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

¹ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения Москвы», Москва

²Кафедра анестезиологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

Адекватное нутритивное обеспечение пациента в критическом состоянии было и остается одной из основных, сложных и до конца не решенных проблем современной реаниматологии, которая, к сожалению, часто остается 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 представлены 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, трофический статус, нутритивная недостаточность, нутритивная поддержка, методы оценки нутритивного статуса, метаболические потребности.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Patient's metabolic status in ICU and choice of its assessment methods

E. D. Slastnikov¹, A. V. Vlasenko^{1,2}, E. A. Evdokimov², A. G. Koryakin^{1,2}, E. P. Rodionov^{1,2}, A. G. Koryakin¹, I. S. Klyuev¹, V. I. Makovey², V. V. Erofeev²

¹City Clinical Hospital n.a. S.P. Botkin, Moscow, Russia

²Russian Medical Academy for Continuing Professional Education, Moscow, Russia

SUMMARY

Adequate nutritional support for a critically ill patient has been and remains one of the main, complex and not fully resolved problems of modern resuscitation, 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 is 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, trophic status, nutritional deficiency, nutritional support, nutritional status assessment methods, metabolic needs.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Список сокращений

АБ – азотистый баланс
ЖМТ – жировая масса тела
КЖС – кожно-жировая складка
ЛПВП – липопротеины высокой плотности
МТ – масса тела

ОЖСС – общая железосвязывающая способность
ОР – отделение реанимации
РСБ – ретинолсвязывающий белок
ТСТ – тироксинсвязывающий преальбумин

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 Е. М. Hodder впервые успешно ввел внутривенно пациенту питательную смесь в виде очищенного молока, 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 Н. О. Studley не опубликовал исследование, в котором изучил и доказал связь между степенью нутритивной недостаточности и уровнем летальности в послеоперационном периоде [1].

С момента начала исследования нутритивной терапии подходы и способы обеспечения питанием сильно менялись. Из них можно выделить следующие наиболее принципиальные этапы:

- 1937 год – американский хирург R. Elman впервые успешно внутривенно ввел смесь белковых гидролизатов;
- 1957 год – в Швеции A. Wretling – создал первую жировую эмульсию для внутривенного введения (интралипид);
- 1963 год – принято решение о создании Европейского сообщества по парентеральному и энтеральному питанию (ESPEN);
- 1975 год – создание первых отечественных смесей для энтерального питания (энтериты);
- 1991 год – В. М. Луфт и А. М. Углев впервые ввели в клиническую практику определение «трофический статус» и критерии его оценки. В это же время стала формироваться отечественная школа по энтеральному и парентеральному питанию [12, 13, 18].

В основе адекватной нутритивной поддержки пациентов лежит не только создание и правильное введение современных нутриентов, но и адекватная оценка трофического 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, позволяющих адекватно реагировать на воздействия окружающей среды. Все питательные вещества, поступающие в организм, можно разделить на две большие группы:

- макронутриенты – основные питательные вещества, необходимые для функционирования организма. К ним относятся белки, жиры и углеводы, которые являются основой пластического и энергетического обмена;
- 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 [1, 18].

Белки

Суточная потребность здорового человека составляет примерно 70–100 г белков. Потребленные белки начинают расщепляться только 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 гидролизуются 10–15 % белка). В двенадцатиперстной кишке при контакте с желудочным соком активируются трипсин и другие протеазы (химотрипсин, эластаза, карбокси-пептидаза), вследствие чего олигопептиды продолжают расщепляться до свободных аминокислот. Непереваренные пептиды (около 70 % после протеазного расщепления) продолжают гидролизываться в щеточной каемке посредством специфических ферментов и при помощи транспортных белков, после чего L-аминокислоты попадают внутрь энтероцитов. Некоторые ди- и трипептиды могут попадать в энтероциты в неизменном виде и уже внутриклеточно подвергаются гидролизу пептидазами до образования свободных аминокислот, которые попадают в кровоток. Часть аминокислот начинают 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 [23, 65].

Липиды

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

Эмульгирование жиров начинается уже при приготовлении пищи, механическом ее пережевывании и 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. Эти процессы осуществляют переваривание только 15 % всего жира. Капли эмульсии, поступающие из желудка, представляют собой сферу, в ядре которой находятся триглицериды и диглицериды, 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 щеточные мембраны. Там жирные кислоты протонируются и покидают смешанные мицеллы, чтобы либо диффундировать через липидные мембраны, либо временно превратиться в липид клеточной стенки. Соли желчных кислот из смешанных мицелл остаются в просвете кишечника и позже всасываются в подвздошной кишке, с кровотоком попадая в печень и снова секретируются, поступая в желчь. Транспортной формой жиров являются липопротеины, которые синтезируются в тонкой кишке или печени и доставляют липидные компоненты в ткани организма [23].

Углеводы

Углеводы составляют примерно 50–60 % общей калорийности 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 времени ее активности достаточно для гидролиза 30–40% всего пула углеводов. В двенадцатиперстной кишке кислый pH желудочного сока нейтрализуется бикарбонатами и одновременно альфа-амилаза поджелудочной железы продолжает расщеплять углеводы. Непереваренные остатки ди-, три- и олигосахаридов гидролизуются в каемках энтероцитов мембранными ферментами (мальтаза, лактаза, сахараза и др.). В результате чего моносахариды попадают внутрь клеток при помощи белков-переносчиков (которые поглощают только D-изомеры). D-глюкоза и D-галактоза в основном переносятся активным Na-транспортером глюкозы, а фруктоза – специфичными белками. Далее большая часть фруктозы преобразуется в глюкозу с выделением молочной кислоты. Полученные олигосахариды путем облегченной диффузии попадают в кровоток [23, 49].

На этом этапе обмена веществ в кровь одновременно поступают мономеры всех потребленных питательных веществ. С током крови необходимые субстраты доставляются в ткани и клетки организма или запасаются в определенных 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 организм сможет самостоятельно синтезировать их из белков благодаря взаимопревращениям в цикле Кребса. Цикл трикарбоновых кислот и окислительное фосфорилирование представляют собой конечные пути, в результате которых генерируется энергия и выделяются продукты обмена [42, 59].

Учитывая важную роль макронутриентов (белков, жиров и углеводов) в обеспечении гомеостаза, для лучшего понимания все существующие

методики определения нутритивного статуса целесообразно условно разделить на группы в зависимости от того, какой вид обмена они оценивают в большей степени [11, 12, 13].

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

Методы оценки белкового обмена

Антропометрические показатели

Низкая специфичность, отражают не только белковый, но и другие виды обмена.

- *Росто-весовые показатели* и их расчетные производные – масса тела (МТ), идеальная масса тела (ИМТ), рекомендуемая масса тела (РМТ), индекс Кетле и проч., 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 неспособности целенаправленно оценить состояние того или иного вида обмена.

Лабораторные методы

Используемые в настоящее время рутинные лабораторные показатели не в состоянии четко и однозначно выявить причины и степень выраженности нарушений белкового обмена, но позволяют в сочетании с другими методологиями оценить адекватность белкового питания.

- Общий белок крови и белковые фракции (альбумин, трансферрин, транстиретин, ретинолсвязывающий белок).
- Абсолютное число лимфоцитов.
- Мочевина и азот мочи.
- Азотистый баланс.

Методы оценки жирового обмена

Антропометрические показатели

Низкая специфичность.

- *Росто-весовые показатели* – масса тела (МТ), идеальная масса тела (ИМТ), рекомендуемая масса тела (РМТ), индекс Кетле.
- *Окружностные методы* – окружность живота (ОЖ), окружность шеи, окружность бедра.
- *Калиперометрические методы* – кожно-жировая складка над трицепсом плеча (КЖСТ), кожно-жировая складка над бицепсом плеча (КЖСБ), кожно-жировая складка над углом лопатки (КЖСЛ), кожно-жировая складка над паховой складкой (КЖСП).

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 (DEXA).

Характеристика способов оценки нутритивной недостаточности

Антропометрические методы, характеризующие белковый обмен

Для определения питательных потребностей организма крайне важна оценка состава тела человека. Имеются более метаболически активные ткани, например мышечная, которая для своего функционирования требует большого числа нутриентов и энергии. Жировая ткань, напротив, в метаболическом плане практически инертная. Определить процентное содержание различных тканей можно при помощи измерения антропометрических показателей с дальнейшим применением расчетных формул и интегральных таблиц или с помощью более инновационного метода – биоимпедансометрии [9, 18]. Наиболее информативными соматометрическими показателями являются росто-весовые и их расчетные производные (идеальная масса тела, индекс Брока, индекс Одера, рекомендуемая масса тела, индекс Кетле), и окружностные методы (обхват грудной клетки, окружность плеча, окружность мышц плеча, окружность бедра).

Росто-весовые показатели и их расчетные производные

Масса тела является одним из самых легко отслеживаемых показателей, который, по существу, является первичным и в целом отражает соответствие энергетических затрат и полноценности рациона питания.

Динамика массы тела напрямую коррелирует с состоянием здоровья пациента, его функциональными и адаптационными возможностями. Поэтому уже при первом контакте врача с пациентом необходимо определить его рост и вес. Но масса тела, рассматриваемая изолированно от других показателей, малоинформативна для оценки трофического статуса и может быть полезна только при динамическом отслеживании [24].

Следует подчеркнуть, что в медицинских калькуляторах используется не нормальная масса, а идеальная масса тела. Идеальная масса тела – это расчетный показатель, который вычисляется на основании антропометрических данных. Считается, что при идеальной массе тела человека обеспечиваются наиболее высокий уровень здоровья и большая продолжительность жизни. Нормальная масса определяется как отклонение от идеальной на 10–20% и считается физиологической нормой, не оказывающей существенного влияния на уровень здоровья [9, 11, 12].

Для расчета идеальной массы тела существует большое количество формул – Брока, Брока – Бругша, Брока с учетом 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 году:

$$PMT_{жен} = (P_{см} - 100) - ([P_{см} - 152] \times 0,4)$$

$$PMT_{муж} = (P_{см} - 100) - ([P_{см} - 152] \times 0,2)$$

Примечание: $P_{см}$ – рост человека (см).

Результат, полученный по формуле Лоренса, можно принимать за идеальную массу тела и в дальнейшем использовать этот показатель для расчета процента отклонения. Нормой считается разница не более 20%. Если фактическая масса тела составляет 80–120% от рекомендуемой, это расценивается как легкая недостаточность или избыточность питания, 70–80% / 120–130% – среднетяжелая недостаточность / избыточность, при отклонении более или менее 30% от нормы – тяжелая недостаточность или избыточность питания.

В 2019 году было проведено исследование на базе Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, в котором сравнивали расчетные показатели 16 самых популярных формул для определения идеальной массы тела, 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 [19, 20].

Формула Борнгардта (1886)

$$\text{Идеальная МТ} = \frac{P_{см} \times ОКГ_{см}}{240}$$

Примечание: $P_{см}$ – рост человека (см); $ОКГ_{см}$ – объем грудной клетки (см).

В настоящее время применяется одна формула расчета, использующаяся для вычисления объема грудной клетки. Сомнительные результаты могут получаться при наличии у исследуемых патологических типов грудной клетки – эмфизематозной, ладьевидной, паралитической, рахитической, воронкообразной или кифосколиотической.

Формула Моннерота – Думайна

$$\text{Идеальная МТ} = \frac{P_{см} - 100 + (4 \times ОЗ_{мм})}{2}$$

Примечание: $P_{см}$ – рост человека (см); $ОЗ_{мм}$ – обхват запястья (мм).

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

Формула страховой компании Metropolitan Life

$$\text{Идеальная МТ} = 50 + 0,75 \times (P_{см} - 150) + \frac{B_{лет} - 20}{4}$$

Примечание: $P_{см}$ – рост человека (см); $B_{лет}$ – возраст (лет).

Метод был разработан страховой компанией Metropolitan Life на основе статистических данных, собранных за 40 лет (1943–1983) и предназначен для людей в возрасте от 25 до 59 лет. В вычислениях используются только два показателя – возраст пациента и его рост [19].

Следует отметить, что во всех исследованиях по составлению формул участвовали условно здоровые лица, поэтому экстраполяция данных этих методов на больных пациентов и пациентов в критическом состоянии вызывает много вопросов. Также приведенные методы требуют дополнительных измерений и расчетов, что ограничивает их применение в рутинной практике врачей, 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 распространенное название – индекс массы тела. Метод не требует дополнительных измерений и рассчитывается только с использованием роста-весовых показателей. Методика разработана в 1835 году А. Кетле для общей характеристики степени физического развития. Позже метод был признан ВОЗ для оценки статуса питания у пациентов, и благодаря простоте в расчетах и минимально требуемым исходным данным сегодня является самым используемым. Индекс массы тела определяется как отношение массы тела (кг) к квадрату длины тела (м) [2, 5, 8, 19].

$$\text{Индекс Кетле} = \frac{M_{\text{кг}}}{P_{\text{м}}^2}$$

Примечание: $M_{\text{кг}}$ – фактическая масса тела (кг); $P_{\text{м}}$ – рост (м).

Таблица 2

Оценка трофологического статуса пациента по индексу массы тела

ИМТ	Трактовка показателя
Менее 15,0	Гипотрофия III степени
15,0–16,9	Гипотрофия II степени
17,0–18,9	Гипотрофия I степени
19,0–19,9	Недостаточная масса тела
20,0–24,9	Норма
25,0–29,9	Избыточная масса тела
30,0–34,9	Ожирение I степени
35,0–39,9	Ожирение II степени
Более 40,0	Ожирение III степени

Метод неспецифичен, не учитывает в расчетах возрастные и гендерные факторы, а также не позволяет дифференцировать, за счет какой массы идет отклонение (жировой или мышечной). Исследования, проведенные за последние 30 лет, показали, что выход ИМТ за рамки нормальных значений связан с увеличением риска заболеваемости и смертности среди популяции.

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 расчета массы тела

В отделениях реанимации при отсутствии специально оборудованных кроватей определить массу тела пациента достаточно затруднительно. В таких ситуациях возможно использование специальной формулы расчета, основанной на измерении нескольких антропометрических показателей (рост, окружность запястья, окружность живота и окружность бедра). Несмотря на высокую погрешность в результатах, метод позволяет динамически отслеживать степень истощения организма [12, 18, 24].

$$m_{\text{тела}} = \frac{457 \times P_{\text{см}} \times OЖ_{\text{см}} \times OЗ_{\text{см}} \times OБед_{\text{см}}}{0,98 \times OБед_{\text{см}} + 1,6 \times OЗ_{\text{см}}}$$

Примечание: $P_{\text{см}}$ – рост человека (см); $OЗ_{\text{см}}$ – обхват запястья (см); $OЖ_{\text{см}}$ – окружность живота (см); $OБед_{\text{см}}$ – окружность бедра (см).

Положительные стороны роста-весовых показателей

- Просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования.
- Не требуют большого количества времени реализации.
- Прикроватные.

Недостатки показателей

- Методы неспецифичны и должны рассматриваться только как компонент комплексной оценки нутритивного статуса.
- Невозможно применение при развитии у пациента водно-секторальных нарушений.
- Невозможно дифференцировать, за счет какой ткани идет истощение (жировой или мышечной).
- Избыток жировой ткани затрудняет интерпретацию результатов.
- Имеется погрешность в результатах при использовании расчетных методов.
- Ретроспективно отражают недостаточность питания.

Таким образом, можно заключить, что методы оценки трофического статуса пациента, основанные на измерении роста-весовых показателей, с одной стороны, довольно просты в использовании, с другой – неспецифичны и во многих ситуациях малоинформативны. Поэтому все они могут использоваться только в качестве компонента комплексного и динамического контроля состояния питания у относительно стабильных пациентов.

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 окружных 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 веса человека в соотношении 1 : 1,5. Например, уменьшение окружности плеча на 1 см от исходной величины до болезни свидетельствует о потере массы примерно на 1,5 кг [11–13, 21].

Измерения окружности плеча и толщины кожно-жировой складки над трицепсом позволяют вычислить окружность мышц плеча (ОМП).

Формула расчета окружности мышц плеча

$$ОМП_{см} = ОП_{см} - 0,314 \times КЖСТ_{мм}$$

Примечание: $ОМП_{см}$ – окружность мышц плеча (см); $ОП_{см}$ – окружность плеча (см); $КЖСТ_{мм}$ – 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 [29].

Сравнивая КЖСТ, ОП, ОМП в динамике и 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.

Идеальные значения: мужчины – ОП = 29,0 см, ОМП = 25,7 см, КЖСТ = 10,5 мм; женщины: ОП = 28 см; ОМП = 23,5 см, КЖСТ = 14,5 мм.

Нормой считается расхождение с идеальными значениями на 10 %.

Измерение окружности бедра

В бедре хорошо развит мышечный слой, представленный главным образом четырехглавой, 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 окружности бедра проводится у пациента в положении стоя, стопы – на ширине плеч, и опора равномерно распределяется на обе ноги. Сантиметровую ленту накладывают на 2 см ниже ягодичной складки.

Суть метода сходна с определением окружности плеча, и этот показатель также отражает состояние не только мышечного, но и жирового депо. Однако измерение окружности плеча является более простым и комфортным способом [21, 29].

Положительные стороны окружностных методов

- Просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования.
- Не требуют большого количества времени.
- Прикроватные.

Недостатки методов

- Методы неспецифичны и должны рассматриваться только как один из компонентов комплексной оценки нутритивного статуса.
- Невозможно применение при развитии у пациента водно-секторальных нарушений.
- При избытке жировой ткани невозможно достоверно определить мышечную массу.

- Погрешность в результатах при выборе различных методик и исполнении разными специалистами.
- Только ретроспективно отражают развившуюся недостаточность питания.

Таким образом, окружностные методы оценки трофологического статуса просты в использовании и в некоторой степени позволяют дифференцировать объем мышечной и жировой ткани, однако у методов много недостатков. Приведенные 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 массы тела (особенно при длительном пребывании пациентов в ОР). При этом нецелесообразно ежедневное взвешивание реанимационного пациента (см. выше). Оптимальным является определение фактической массы тела 1–2 раза в неделю;
- 2) расчетные методы оценки массы тела 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, требуют строгого соблюдения методологии измерения, малоинформативны при водно-секторальных нарушениях.

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 собой совокупность высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, в состав которых входит большое количество различных аминокислот. Роль белка в процессах метаболизма и поддержания

Таблица 3

Оценка трофологического статуса пациента по окружностным показателям

Степень нутритивной недостаточности	ОП, см		КЖСТ, мм		ОМП, см	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Эйтрофия	29,0–26,0	28,0–25,0	10,5–9,5	14,5–13,0	25,7–23,0	23,0–21,0
Легкая степень	25,9–23,0	24,9–22,5	9,4–8,4	12,9–11,6	22,9–20,4	20,9–18,5
Среднетяжелая	22,9–20,5	22,4–19,5	8,3–7,4	11,5–10,2	20,3–17,5	18,4–16,5
Тяжелая	Менее 20,5	Менее 19,5	Менее 7,4	Менее 10,2	Менее 17,5	Менее 16,5

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

гомеостаза трудно переоценить, он выполняет большое количество функций – транспортную, структурную, защитную, регуляторную, сократительную, энергетическую и т.д. Так как белки активно участвуют практически во всех процессах жизнедеятельности организма, существует много причин для развития гипопротеинемии, которые могут быть связаны не только с нутритивной недостаточностью, но и с усилением процессов катаболизма, значительными потерями белка при почечном повреждении и критических состояниях [9, 17].

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 волемического статуса пациента. В плазме содержится на 2–4 г/л белка больше за счет фибриногена, который отсутствует в сыворотке. Весь белок в сыворотке 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. Соответственно уровень общего белка в крови зависит не только от синтетической функции печени, органов кроветворения, иммунитета и характера питания, но и от состояния метаболизма и разнообразных патологических потерь [1, 5, 11, 13].

Традиционными показателями белкового пула крови являются концентрации печеночных белков альбумина, трансферрина, тироксинсвязывающего преальбумина и ретинолсвязывающего белка. История исследования белковых фракций начинается с описания в 1935 году квашиоркора и в 1941 году – алиментарного маразма. В основе патогенеза заболеваний лежит тяжелая гипопротеинемия, поэтому возникла парадигма, что степень нутритивной недостаточности напрямую коррелирует с уровнем белка крови. Но для оценки трофического статуса пациента необходимо более подробное понимание процессов метаболизма здорового индивидуума и изменчивости обмена веществ при заболеваниях [9, 17, 24, 31, 38].

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 транспорте различных веществ эндогенного (желчных кислот, билирубина, жирных кислот, стероидных гормонов, резерва аминокислот) и экзогенного происхождения (лекарственные препараты и неорганические ионы). Гипоальбуминемия сопровождается не только развитием водно-секторальных нарушений, но и нарушением его транспортной функции, что ассоциировано с увеличением свободных токсичных молекул в крови (лекарства, несвязанный билирубин и т.д.).

Большая (около 60%) часть пула альбуминов находится вне сосудистого русла, однако его концентрация в плазме выше, чем в межклеточной жидкости, так как внесосудистый

объем превышает объем крови примерно в четыре 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 (транспиллярная утечка, зависит от многих факторов) и возврата в сосудистое русло (состояние лимфатической системы). Развитие системной воспалительной реакции сопровождается ростом транспиллярной утечки альбумина, что лабораторно проявляется снижением концентраций всех белковых фракций, которое не связано с нутритивной недостаточностью. 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 генерализованной отеков вследствие нарушения водных секторов организма с частым развитием полиорганной дисфункции [5, 9, 13, 45].

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 ретинолсвязывающий белок. Их концентрации также уменьшаются при отрицательном азотистом балансе, однако использование этих показателей для оценки нутритивного статуса тяжелых пациентов в ОР вызывает много вопросов [17, 21, 31, 32, 36].

Концентрация альбуминов в крови:

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

Определение уровня трансферрина

Трансферрин – белок острой фазы фракции γ -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 критическом состоянии. При отсутствии технической возможности в определении трансферрина напрямую существует альтернативный способ, который заключается в определении общей железосвязывающей способности (ОЖСС) с последующим пересчетом на трансферрин (погрешность метода составляет 15–20%) [5, 9, 17, 24, 40, 45, 64].

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

Примечание: ОЖСС – общая железосвязывающая способность (мкмоль/л).

Определение уровня транстиретина

Транстиретин, или тироксинсвязывающий преальбумин (ТСП), также является белком острой фазы с периодом полураспада до 2 суток, относится к фракции альбуминов. Референсные значения транстиретина в сыворотке крови составляют 0,25–0,40 г/л, его основная функция – транспорт тироксина и трийодтироксина. Он имеет два центра связывания, и в одном способен присоединять ретинолсвязывающий белок, 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 печеночных белков. 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 ТСП и пропорционально высокий СРБ, следовательно, повышение уровня преальбумина при снижении СРБ можно трактовать как улучшение трофического статуса пациента и переход от катаболической фазы метаболизма в сторону анаболизма. [9, 31, 52].

Определение уровня ретинолсвязывающего белка

Ретинолсвязывающий белок (РСБ) относится к α_2 -глобулинам с периодом полураспада 12 часов, в норме концентрация в крови составляет 0,04 г/л, функция – транспорт ретинола. 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 [12, 31].

Положительные стороны лабораторных методов определения пула белков

- Объективные методики, результат малозависимый от внешних факторов.
- Просты в использовании и интерпретации.
- Быстрое получение результата позволяет моментально менять подходы к проводимой терапии.

Недостатки методов

- Методы неспецифичны и должны рассматриваться только как компонент комплексной оценки нутритивного статуса.
- Синтез всех белков острой фазы нарушается при воспалении и критических состояниях.
- Их концентрация зависит от функции печени и почек.
- Генетические заболевания белкового обмена создают ограничения для использования этой методологии.
- Определение некоторых из этих показателей требует наличия дорогостоящих реактивов.

Таким образом, концентрация пула белков (альбумин, трансферрин, ТСП, РСБ) в определенной степени отражает тяжесть течения заболевания, но не они не являются малочувствительными маркерами уже развивающейся нутритивной недостаточности. Низкая концентрация белков крови и отрицательный азотистый баланс отражают течение различных патологических состояний, которые в результате могут приводить к алиментарной недостаточности. Поэтому контроль исключительно пула белков крови является крайне недостаточным для объективной оценки нутритивного статуса пациента, что может вести к ошибочным суждениям [43, 48, 62, 71, 72].

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 которой 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 маркера нутритивной недостаточности, ввиду низкой специфичности этого показателя [1, 12, 24].

Преимущества метода определения абсолютного числа лимфоцитов

- Методология проста в использовании и не требует активного сотрудничества с пациентом.
 - Быстрое получение результата.
 - Результат не зависит от субъективных факторов.
- ### *Недостатки метода*
- Метод неспецифичен и в большей степени отражает тяжесть основного заболевания, а не нутритивный статус пациента.
 - Медикаментозная терапия существенно влияет на уровень лимфоцитов.
 - Наличие аутоиммунных и эндокринных расстройств ограничивает использование метода.

Определение азотистого баланса

Одним из специфических показателей, характеризующих белковый обмен и адекватность нутритивной поддержки, является азотистый баланс – количественная разница между употребленным организмом азотом и его экскрецией. При нормальном трофическом 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 тяжелых 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 (РП) и ростом летальности [1, 12, 24].

Расчет азотистого баланса:

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

Примечание: АБ – азотистый баланс.

Поступающий в организм азот вычисляется по количеству потребленного белка (белок содержит 16 % азота, следовательно 1,00 г азота соответствует 6,25 г белка). Если питание осуществляется энтеральными или парентеральными смесями, то содержание азота может быть указано в составе.

Экскреция азота в основном происходит с мочой (85 % от общих потерь), калом, потом, дыханием, с желудочно-кишечным трактом (потери по желудочному зонду), по дренажам (у хирургических пациентов) и с раненым отделяемым. Ввиду невозможности определения истинных потерь азота с потом, калом и при дыхании, принято использовать стандартное значение 4 г в сутки. 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 мочевины мочи (1 г мочевины содержит 0,466 г азота). Стоит учитывать, что во время стрессовых реакций происходит увеличение немочевинного азота [1, 12, 13, 24, 28].

Вычисление азотистого баланса по концентрации мочевины мочи:

$$AB_{г/сут} = BP_{г}/6,25 - MM_{ммоль/л} \times OM_{л} \times 0,033 \times \\ \times 0,466 \times 1,25) - 4 - ДП_{г/сут}$$

Примечание: АБ – азотистый баланс; $BP_{г}$ – белок пищи (г); $MM_{ммоль/л}$ – концентрация мочевины мочи; $OM_{л}$ – объем суточной мочи (л); $ДП_{г/сут}$ – дополнительные потери азота по дренажам (г/сут).

В зависимости от характера и тяжести заболевания потери азота (белка) могут достигать до 40 г в сутки и более. 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 определения баланса азота лег в основу метода определения адекватности белкового питания (АБП), который не требует суточного сбора мочи.

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

При оптимальном белковом питании отношение азота мочевины к общему азоту мочи составляет 85–90 %. При развитии недостатка аминокислот экскреция мочевины уменьшается (за счет ее утилизации организмом на синтез белка), в то время как другие азотистые основания мочи менее стабильны и длительно остаются в пределах нормы. Показатель АБП менее 70 % свидетельствует о необходимости усиления нутритивной поддержки или ее коррекции. Использование этого метода оценки у тяжелых и реанимационных пациентов требует критической оценки результатов [12, 26].

Преимущества методов оценки баланса азота

- Просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования.
 - Методика прикроватная и не требует кооперации с пациентом.
 - Методы объективные и малозависимы от субъективных факторов.
 - Методы специфичны и позволяют оценить состояние белкового обмена.
 - Методы могут быть использованы у пациентов в критическом состоянии.
- ### *Недостатки методов*
- Требуется биохимический анализ суточной мочи.
 - Результат ретроспективно отражает состояние нутритивного статуса.
 - Невозможностью прецизионно определить потери азота с потом, калом, дыханием и др.
 - Ограничение 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 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 требуются 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:

- определение уровня печеночных белков (общий белок, альбумин, трансферрин, ТСП, 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;
- вычисление азотистого баланса по методу, основанному на определении истинного азота мочи, является наиболее точной методикой, отражающей фазы метаболизма. Погрешность метода минимальна и в меньшей степени зависит от состояния пациента;
- определение адекватности белкового питания, основанного на отношении азота мочевины к общему азоту мочи, хотя и ретроспективно, но с высокой точностью позволяет определить недостаточность белкового питания.

Методы оценки 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, и четко коррелируют с уровнем функциональных резервов организма. Нормальным показателем содержания жира в организме является диапазон 10–22%, а выход за рамки этих значений ведет к снижению адаптационных возможностей организма. При содержании жира менее 10–8% начинаются изменения со стороны внутренних органов, а показатель менее 5% ассоциируется с высокой летальностью [2, 8].

Росто-весовые показатели

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

Окружностные методы

1. 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 находятся большое

количество крупных сосудов и нервов, а также внутренние органы – трахея, глотка, гортань, пищевод, щитовидная, паращитовидные железы. Ткани шеи представлены жировой клетчаткой (коррелирует с общим содержанием жировой ткани в организме) и большим количеством мышц (объем которых мало изменяется при нутритивной недостаточности). Следовательно, измерение окружности шеи не только позволяет сделать вывод о трофическом статусе пациента при первичном контакте, но подходит для динамической оценки. Однако полученные результаты лишь ретроспективно будут показывать развивающуюся недостаточность питания [10].

Измерение проводят сантиметровой лентой, накладывая ее в самой узкой части шеи под щитовидным хрящом. Идеальными показателями являются: у мужчин – 35,5 см, у женщин – 32,0 см. Физиологическая норма: отклонение от идеальных значений на 10% в любую сторону.

2. Измерение окружности живота

Косвенной оценкой уровня висцерального жира в организме служит измерение окружности живота. Существует около 10 различных методов измерения окружности живота, но согласно рекомендациям ВОЗ она измеряется посередине между нижним краем последнего ребра и гребнем подвздошной кости. Учитывая топографическую анатомию, окружность живота будет зависеть не только от состояния подкожно-жировой клетчатки и уровня висцерального жира, но и от объема полых органов и собственно брюшной полости. Следовательно, измерение окружности живота у пациентов в отделениях реанимации неинформативно ввиду часто развивающихся абдоминальных патологий (интестинальная недостаточность, абдоминальный компартмент синдром и т.д.) [2].

3. 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 ОР. Более подробно этот метод был описан выше [2].

4. Окружностный метод ВМС США

Этот метод был разработан в медицинском исследовательском центре Военно-морских сил США, который позволял оценивать уровень подкожно-жировой клетчатки у военнослужащих. Сегодня методика достаточно популярна у диетологов и фитнес-тренеров, так как позволяет комплексно оценить уровень жирового депо, а полученные результаты наиболее схожи с результатами биоимпедансометрии. Для исследования у мужчин оценивается окружность живота и шеи, а у женщин – окружность напряженного бицепса плеча, средней трети плеча, шеи, бедра и живота [12, 20, 21].

$$\begin{aligned} \text{Мужчины (\% жира)} &= \\ &= (0,74 \times ОЖ_{см}) - (1,249 \times ОШ_{см}) + 0,528 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Женщины (\% жира)} &= \\ &= (1,051 \times ОБ_{см}) - (1,522 \times ОП_{см}) - (0,879 \times ОШ_{см}) + \\ &+ (0,326 \times ОЖ_{см}) + (0,597 \times ОБед_{см}) - 0,707 \end{aligned}$$

Примечание: $ОЖ_{см}$ – окружность живота на уровне пупка (см); $ОШ_{см}$ – окружность шеи на уровне перстневидного хряща (см); $ОБ_{см}$ – окружность напряженного бицепса плеча (см); $ОП_{см}$ – окружность средней трети плеча (см); $ОБед_{см}$ – окружность бедра на уровне ягодичной складки (см).

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

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 слаборазвитом подкожно-жировой слое результаты могут получиться отрицательными.

Преимущества окружностных методов

- Просты в использовании и не требуют дополнительного оборудования.
- Не требуют большого количества затраченного времени.
- Прикроватные.
- Позволяют отслеживать изменения жирового депо в динамике.

Недостатки методов

- Методы неспецифичны и должны рассматриваться только в комплексной оценке нутритивного статуса.
- Невозможно применение некоторых методик при развитии водно-секторальных нарушений или ввиду иммобилизации пациента.
- Выраженный избыток или недостаток подкожного жира дает погрешность в результатах расчетных методик.
- Погрешность в результатах при выборе различных методик и исполнении разными специалистами.
- Ретроспективно отражают недостаточность питания.
- Методы не позволяют дифференцировать подкожный жир от висцерального.

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

Калиперометрические методы

Для измерения кожно-жировых складок необходимо наличие специального устройства – калипера или обычного

штангенциркуля. При проведении измерения важно правильно захватить кожно-жировую складку, 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 2–3 измерения каждой складки, по итогу используя среднее значение.

Точек для измерения – большое количество, но наиболее используемые: измерение КЖС над нижним углом лопатки, задней и передней поверхностями плеча, на передней поверхности грудной клетки, живота, на бедре и голени. Однако первичное измерение одной КЖС не дает представление о трофическом статусе пациента, поэтому были предложены комплексные расчетные методики на основании этих измерений [8, 12, 21].

1. Калиперометрический метод Durnin – Womersley

Позволяет оценить количество жировой массы при помощи изменения кожно-жировых складок, так как эти два параметра находятся в прямой зависимости. Методика довольно сложна, изначально требует измерения кожно-жировых складок в четырех стандартных точках (над трицепсом, бицепсом, углом лопатки и гребнем подвздошной кости по передней аксиллярной линии [паховая складка]), после чего результаты измерения складываются и вычисляется коэффициент жировой ткани (имеется возрастная поправка). Расчет жировой массы тела можно вычислить на основе следующей формулы [8, 12, 26]:

$$ЖМТ = M_{кз} \times \left(\frac{4,95}{\text{Коеф.} - 4,5} \right)$$

Примечание: $M_{кз}$ – фактическая масса тела (кг).

Преимущества калиперометрических методов

- Просты в использовании и интерпретации.
- Прикроватные.
- Достаточно точная оценка состояния подкожного жира и возможность динамического контроля.

Недостатки методов

- Невозможно применение при развитии у пациента водно-секторальных нарушений.
- При избытке жировой ткани имеется погрешность в измерениях.
- Невозможно определить толщину КЖСЖ при развитии абдоминальных патологий.
- Только ретроспективно отражают недостаточность питания.
- Погрешность в результатах при проведении измерений разными специалистами.

Таблица 5
Коэффициент жировой ткани

Возраст, лет	Мужчины	Женщины
17–19	Коеф. = $1,1620 - 0,063 \times \log_{10} S$	Коеф. = $1,1549 - 0,0678 \times \log_{10} S$
20–29	Коеф. = $1,1631 - 0,0632 \times \log_{10} S$	Коеф. = $1,1599 - 0,0717 \times \log_{10} S$
30–39	Коеф. = $1,1625 - 0,0645 \times \log_{10} S$	Коеф. = $1,1423 - 0,0632 \times \log_{10} S$
40–49	Коеф. = $1,1620 - 0,07 \times \log_{10} S$	Коеф. = $1,1339 - 0,0612 \times \log_{10} S$
50 и более	Коеф. = $1,1715 - 0,0779 \times \log_{10} S$	Коеф. = $1,1339 - 0,0645 \times \log_{10} S$
$S(\text{мм}) = \text{КЖСТ} + \text{КЖСБ} + \text{КЖСЛ} + \text{КЖСП}$		

Примечание: КЖСТ – кожно-жировая складка трицепса; КЖСБ – кожно-жировая складка бицепса; КЖСЛ – кожно-жировая складка лопатки; КЖСП – кожно-жировая складка паховой складки.

Таким образом, калиперометрические методы, используемые для оценки нутритивного статуса пациента, являются весьма простыми прикроватными способами, которые позволяют контролировать динамику жирового обмена, однако имеются ограничения использования. У пациентов реанимационного профиля и в критическом 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 трофического 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 (80% от общего числа холестерина) вырабатывается организмом самостоятельно благодаря синтетической функции печени (50%) и кишечника (20%), остальные 30% синтезируются в коже, надпочечниках и половых железах. Роль этого эфира в организме человека велика. В первую очередь, это субстрат клеточных мембран, обеспечивающих их стабильность и функционирование макроорганизма. Холестерин является предшественником стероидных гормонов, желчных кислот, участвует в синтезе витамина D 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 печеночно-клеточной недостаточности [33, 60].

Общий холестерин в сыворотке крови 3,1–5,0 ммоль/л считается оптимальным или желательным. Уровень 5,1–5,9 ммоль/л расценивается как умеренно повышенный, а более 6,0 ммоль/л – как высокий. Содержание общего холестерина менее 3,0 ммоль/л трактуется как гипохолестеринемия [15, 17, 39].

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 [ЛПВП] нейтрализуют липополисахариды бактерий), катаболическая фаза метаболизма и т. д. В связи с этим у многих пациентов в ОР не рекомендуется использование показателя холестерина и липопротеидов как маркеров нутритивной недостаточности [12, 17, 57].

Преимущества контроля холестерина

- Прост в использовании и интерпретации.
- Объективный тест.
- Быстрое получение результата позволяет оперативно корректировать проводимую нутритивную терапию.

Недостатки метода

- При развитии сепсиса уровень холестерина в крови не отражает истинное состояние нутритивного статуса.
- Сопутствующая эндокринная патология (сахарный диабет, заболевания щитовидной железы и др.) значительно влияет на уровень холестерина крови.
- Низкая информативность показателей при развитии печеночной или почечной дисфункции, проведении экстракорпоральных методов лечения.

Определение содержания триглицеридов

Триглицериды (ТГЛ) являются одним из основных источников энергетического обмена организма. Лабораторно триглицериды следует определять в крови после 12-часового голодания. У здоровых людей концентрация триглицеридов находится в больших референсных значениях, нормой считается содержание от 0,2 до 1,7 ммоль/л. Причин для развития как гипо- так и гипертриглицеридемий много, но для оценки статуса питания важна динамика этого показателя. Прогрессивное повышение концентрации триглицеридов в крови свидетельствует о недостаточном углеводном обмене или нарушении его метаболизма (например, при сахарном диабете). ТГЛ более 5 ммоль/л является противопоказанием для назначения жировых эмульсий, так как при этом высока вероятность развития тромбозов [12, 17, 31, 39, 57].

Преимущества определения триглицеридов крови

- Методика объективна, проста в использовании и интерпретации.
- Быстрое получение результата.
- Позволяет контролировать безопасность проводимого парентерального питания.

Недостатки метода

- Неспецифичность метода, требует критической оценки полученных результатов.
- Малая информативность при наличии сопутствующей эндокринной патологии (сахарный диабет, заболевания щитовидной железы).
- Разные заболевания печени могут вызывать как гипер-, так и гипотриглицеридемию.
- Для определения уровня триглицеридов требуется специальное оборудование и реактивы.

Таким образом, лабораторные показатели жирового обмена, рассматриваемые в свете нутритивной недостаточности, требуют критической оценки, а при комплексном анализе позволяют точно определить состояние трофического 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:

- динамическое измерение окружности шеи как наиболее простой и прикроватный метод, весьма объективно отражающий истощение жирового депо (контроль – раз в неделю);

- 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;
- содержание холестерина и триглицеридов в крови особенно важно контролировать при проведении парентерального питания (риск тромбозов), однако развитие системной воспалительной реакции и сопутствующая патология (эндокринная, печеночная) значимо снижают информативность этих показателей.

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 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 расчетом доз сахароснижающих препаратов, тяжелыми отравлениями, заболеваниями эндокринных органов или прогрессированием 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 [12, 17, 31].

Преимущества контроля содержания глюкозы в крови

- Простой прикроватный метод.
- Не требует кооперации с пациентом.
- Результат мало зависит от субъективных факторов.

Недостатки метода

- Неспецифичен, его результат зависит от многих факторов состояния пациента и сопутствующей патологии.
- Инвазивный метод, доставляет дискомфорт пациенту.

- Не отражает адекватность проводимой нутритивной терапии.
- Требуется комплексная оценка поиска 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 в себя 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 неспособен утилизировать такое большое количество ацетил-КоА, поэтому возникает порочный круг, в результате которого ацетил-КоА выводится с мочой. Причиной кетонурии также могут быть диабетический кетоацидоз, длительное голодание, безуглеводное питание при нормальном потреблении жиров, неукротимая рвота или состояния, связанные с гиперметаболизмом [12, 17].

Преимущества контроля кетоновых тел в моче

- Специфичный метод, четко свидетельствующий о нарушении углеводного обмена.
- Прост в использовании и интерпретации.
- Методика прикроватная и не требует дополнительных действий от пациента.
- Результат мало зависит от субъективных факторов.

Недостатки метода

- Результат ретроспективно отражает нарушения углеводного обмена.
- Требуется комплексная оценка в поиске первопричины, связанной с появлением кетоновых тел в моче.
- Требуется специальное лабораторное оборудование.
- Информативность метода снижается при развитии сепсиса, критического состояния, полиорганной недостаточности.
- Метод неинформативен при проведении гемодиализа.

Определение содержания в крови лактата и пирувата

Пируват, или пировиноградная кислота, является продуктом окисления глюкозы-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 в метаболизме аминокислот, липидов, биологически активных веществ, обеспечивая пути взаимопревращения между макронутриентами [12].

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 В₁, входящего в состав дегидрогеназ, катализирующих реакцию окисления пирувата в ацетил-КоА.

Лактат (молочная кислота) является продуктом 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. Уровень лактата более 4 ммоль/л является противопоказанием для питания пациента, так как субстратная поддержка в данной ситуации может привести к усугублению лактатацидоза и прогрессивному ухудшению состояния.

Важное значение имеет соотношение пирувата к лактату, которое в норме не превышает 1/10. Увеличение 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 остается прежним [12, 17].

Преимущества контроля содержания в крови лактата и пирувата

- Метод прост в использовании и интерпретации, не требует дополнительных действий от пациента.
- Позволяет предотвратить осложнения при проведении нутритивной поддержки.
- Является отражением общего состояния пациента и адекватности проводимой интенсивной терапии в целом.

Недостатки метода

- Метод не отражает нутритивный статус пациента.
- Неспецифичен, требуется комплексная оценка при уточнении первоначальной причины отклонений от нормы.
- Необходимо специальное лабораторное оборудование.

Можно заключить, что практически лабораторные методы, отражающие состояние углеводного обмена, являются неспецифичными и непрямими 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:

- определение уровня глюкозы крови, особенно при нахождении пациента в критическом состоянии, в условиях многокомпонентных нарушений метаболизма и интенсивной терапии (контроль минимум четыре раза в сутки);
- определение уровня кетоновых тел является показателем недостаточности углеводного питания и перестройки метаболизма на преимущественное потребление жиров. Однако требуется критический подход к полученному результату и комплексная оценка;
- содержание лактата и пирувата в крови не является маркером статуса питания, но отражает общее состо-

яние 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 трофического статуса пациента, которые довольно точно и персонифицированно дают представления о составе тела и потребности в нутриентах.

Биоимпедансометрия

Биоимпедансометрия – способ оценки состава тела, который реализуется путем измерения электрического сопротивления разных тканей тела. Первые отечественные работы по этой теме были опубликованы в 1930-х годах (Тарусов; 1934, 1938). 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 [4, 8, 16].

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

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

В основе этого метода лежит предположение, что организм человека теоретически возможно представить в виде пяти 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 тяжелыми заболеваниями, дисгидрией, асцитом и т.д., когда значительно меняется гидратация и соответственно электрическое сопротивление обезжиренной массы тела. Ряд исследований показали, что использование биоимпедансометрии позволяет не только оценивать составляющие тела организма, но и делать прогнозы исхода заболеваний, вероятности развития ряда осложнений. Например, метод хорошо зарекомендовал себя при выявлении катаболических сдвигов у пациентов с туберкулезом или находящихся на гемодиализе [29, 34, 41].

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 путем мониторинга изменений активной клеточной и жировой массы.

Недостатки метода

- 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 дистидрии.
- Нет данных о возможностях применения у пациентов с различными имплантами и протезами.
- Массивная инфузионная и медикаментозная терапия, экстракорпоральные методы лечения создают погрешность в полученных результатах.
- Требуется специальное, часто дорогостоящее оборудование.

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA)

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 эталонный метод [50, 56]. 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 массу тела и переоценивать жировые отложения по сравнению с биоимпедансным анализом у некоторых групп пациентов [2, 8, 27, 34, 41, 50, 56].

Преимущества метода DEXA

- Количественное измерение составляющих тела человека (костная ткань, жировые депо, активная клеточная масса и т.д.).
- Возможность динамического контроля изменений состава тела.
- Метод не требует активного сотрудничества с пациентом.
- Возможность оценки основного обмена.

Недостатки метода

- Лучевая нагрузка для пациента.
- Требуется специальное дорогостоящее оборудование.
- Требуется специально обученный медицинский персонал для выполнения методики и интерпретации результатов.
- Невозможно применение у пациентов в критическом и нестабильном состоянии.

Таким образом, комплексные методы оценки недостаточности питания являются достаточно точными, специфичными и позволяют четко контролировать изменения трофического статуса и персонафицированно назначать нутритивную терапию пациентам в ОР. Однако для их использования требуется дорогостоящее оборудование и специально обученный медицинский персонал, что ограничивает рутинное применение этой методики.

Можно заключить, что все вышеописанные методы позволяют врачу делать выводы о трофическом 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 и доступных методах оценки метаболизма, дифференцированно и персонафицированно подходить к их реализации в каждой конкретной клинической ситуации.

Следует подчеркнуть, что простая оценка степени нутритивной недостаточности не позволяет определить формат ее восполнения – количество, качество и скорость введения конкретных нутриентов. Для решения этих задач применяются расчетные формулы и инструментальные методы исследования метаболизма [14, 24].

Способы выбора нутриционной терапии

Расчетные методы

- Формула Харриса – Бенедикта.
- Формула Харриса – Бенедикта адаптированная.
- Уравнение Миффлина – Сан-Жеора.
- Уравнение Айртон – Джонса.

Инструментальные методы

- Прямая калориметрия.
- Непрямая калориметрия.

Формула Харриса – Бенедикта

Этот расчетный 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, из которых 136 мужчин и 103 женщины, со средним показателем ИМТ 21,5. Основным метаболизм рассчитывается по формуле на основании трех показателей: возраст, рост и вес. Несмотря на то что большое количество исследований показывают нецелесообразность применения формулы Харриса – Бенедикта у пациентов в ОР, эта методика остается довольно популярной [44, 46, 51].

$$\begin{aligned} \text{ЕОО мужчин (ккал/сут)} &= \\ &= 66,47 + (13,75 \times M_{\text{кг}}) + 5 \times P_{\text{см}} - 6,76 \times B_{\text{лет}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ЕОО женщин (ккал/сут)} &= \\ &= 655,1 + (9,56 \times M_{\text{кг}}) + 1,85 \times P_{\text{см}} - 4,68 \times B_{\text{лет}} \end{aligned}$$

Примечание: ЕОО – энергопотребность основного обмена (ккал/сут); $M_{\text{кг}}$ – фактическая масса тела (кг); $P_{\text{см}}$ – рост (см); $B_{\text{лет}}$ – возраст (лет).

Формула Харриса – Бенедикта адаптированная

Этот метод основан на вычислении энергопотребности основного обмена 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 массы тела). Суть метода состоит в адаптации общеизвестной формулы, изначально составленной для здоровых людей, к пациентам, находящимся в стационаре. Однако многочисленные исследования показывают, что метод не всегда корректен и порой сильно завышает реальные потребности организма, что может привести к развитию синдрома перекармливания [18, 26, 35, 46, 67].

$$ФРЭ \text{ (ккал/сут)} = ЕОО \times ФА \times ТФ \times ФП \times ДМТ$$

Примечание: *ФРЭ* – фактический расчет энергопотребностей (ккал/сут); *ФА* – фактор активности; *ТФ* – температурный фактор; *ФП* – фактор повреждения; *ДМТ* – фактор дефицита массы тела.

Таблица 6
Коэффициенты повреждающих факторов

ТФ	ФП	ДМТ	ФА
38 °С – 1,1	Операции малого объема – 1,1	10–20% – 1,1	Постельный режим – 1,1
39 °С – 1,2	Операции большого объема – 1,3	20–30% – 1,2	Палатный режим – 1,2
40 °С – 1,3	Переломы – 1,2	Более 30% – 1,3	Общий режим – 1,3
41 °С – 1,4	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		
	Ожоги 70–90% – 2,2		

Уравнение Миффлина – Сан-Жеора

В 1990 году в американском журнале по клиническому питанию *Clinical Nutrition* М. Д. Миффлин и С. Джеор представили новый метод прогнозирования энергопотребностей основного обмена в состоянии покоя. В пятилетнее исследование вошло большое количество разных людей, в том числе страдающих ожирением. Критерии включения в исследование: условно здоровые люди с менее 1 днем болезни в месяц в течение предыдущего года и не имеющие серьезных хронических заболеваний. Из эксперимента исключили лиц, имеющих массу тела 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 трех показателей: рост, масса тела и возраст. Результаты, полученные по предложенной формуле, давали минимальную погрешность с результатами непрямой калориметрии. Однако эта методика была основана на результатах исследования здоровых лиц и не подходит для пациентов в ОР. Позже были попытки модификации этой формулы путем введения в нее дополнительных коэффициентов, но полученные результаты все равно сильно отличались с реальными потребностями человека [26, 47, 58].

$$ЕОО \text{ муж (ккал/сут)} = 10 \times B_{\text{кг}} + 6,25 \times P_{\text{см}} - B_{\text{лет}} + 5$$

$$ЕОО \text{ жен (ккал/сут)} = 10 \times B_{\text{кг}} + 6,25 \times P_{\text{см}} - B_{\text{лет}} - 161$$

Примечание: *ЕОО* – энергопотребность основного обмена (ккал/сут); *M_{кг}* – фактическая масса тела (кг); *P_{см}* – рост (ми); *B_{лет}* – возраст (лет).

Уравнение Айртона – Джонса

В 1992 году Айртоном – Джонсом было предложено уравнение расчета энергопотребностей базового метаболизма для пациентов, находящихся в отделениях реанимации. Основой для исследования послужили 65 пациентов ОР, половина из которых были с ожогами. Формула имеет коэффициенты для расчета энергопотребления у пациентов в условиях ИВЛ или на самостоятельном дыхании. В обеих формулах учитываются возраст и масса. Возраст составляет отрицательный фактор, так как после 30 лет обмен веществ замедляется и клеточная масса уменьшается одинаково, вне зависимости от гендерного признака. Вес тела отмечен как лучший показатель, предсказывающий энергопотребность человека. Ожирение, как фактор, увеличивающий величину основного обмена, учитывается только в уравнении для пациентов на самостоятельном дыхании, так как для этого требуются достаточно большие усилия, чем людям без избыточной массы тела. Если же пациент попадает на ИВЛ, то ожирение не является фактором повышения энергетических расходов. Травматический и ожоговые факторы не были внесены в уравнение для самостоятельного дыхания, так как при малых объемах повреждения они не оказывают существенного влияния на метаболизм, а большие объемы чаще всего связаны с дыхательной недостаточностью и требуют проведения ИВЛ [26, 44, 46, 53].

Для пациентов в условиях ИВЛ:

$$ЕОО = 1925 - 10 \times B_{\text{лет}} + 5 \times M_{\text{кг}} + 281 \times Г + 292 \times ТФ + 851 \times ОФ$$

Примечание: *ЕОО* – энергопотребность основного обмена (ккал/сут); *M_{кг}* – фактическая масса тела (кг); *B_{лет}* – возраст (лет); *Г* – гендерный признак (1 – мужчины, 0 – женщины); *ТФ* – травматический фактор (1 – имеется травма, 0 – нет травмы); *ОФ* – ожоговый фактор (1 – есть ожог, 0 – нет ожога).

Для пациентов на самостоятельном дыхании:

$$ЕОО = 629 - 11 \times B_{\text{лет}} + 25 \times M_{\text{кг}} - 609 \times О$$

Примечание: *ЕОО* – энергопотребность основного обмена (ккал/сут); *M_{кг}* – фактическая масса тела (кг); *B_{лет}* – возраст (лет); *О* – ожирение, более 30% от идеальной массы тела (1 – имеется ожирение, 0 – ожирения нет).

Преимущества расчетных методов

- Просты в использовании и интерпретации.
- Современные метаболические калькуляторы позволяют быстро производить расчеты.
- Требуется минимальное количество исходных данных.
- Подходят для повседневной клинической практики.

Недостатки методов

- Большинство методов составлены для условно здоровых людей, поэтому их применение для пациентов в ОР или при патологически измененном метаболизме не имеет смысла.
- Многочисленные исследования нутритивного статуса реанимационных пациентов показывают значимую разницу в расчетных результатах и показателях непрямой калориметрии (эталонный метод).
- Использование методов в ОР может приводить к неправильной интерпретации результатов и ошибочным выводам.

Таким образом, расчетные методы определения энергопотребности пациентов не рекомендуются к использованию в ОР ввиду неточности полученных результатов, что, в свою очередь, ассоциировано с высоким риском ошибочных назначений.

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, куда помещалась морская свинка. С течением времени тепло, производимое морской свинкой, растапливало лед, после чего взвешивали полученную воду и делали соответствующие расчеты. Позже эти исследователи стали оценивать количество углекислого газа, выделяемое при горении древесного угля, сравнивая полученные коэффициенты с теплопродукцией животных. В результате они пришли к выводу, что тепло, вырабатываемое 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, вырабатываемое 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 [55].

Преимущества прямой калориметрии

- Точность и объективность.
- Простота интерпретации результатов.

Недостатки метода

- Требуется громоздкое и дорогостоящее оборудование.
- Продолжительное время исследования.
- Исследуемый должен находиться один в замкнутом пространстве, что ограничивает его применение для многих пациентов, тем более реанимационного профиля.

Непрямая калориметрия

Этот метод основан на прямом измерении метаболизма пациента путем оценки его газообмена. Современные метаболографы (приборы для проведения калориметрии) определяют количественный газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого пациентом воздуха. В 1949 году В. Вейр предложил уравнение, в основе которого лежат оценка результата окисления субстрата и подсчет объема кислорода, необходимого для данного процесса. 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 путем определения общего азота мочи, выводимого почками.

$$ЕОО \text{ (ккал/сут)} = 3,941 \times VO_2 + 1,106 \times VCO_2 - 2,17 \times OA_{\text{мочи}}$$

Примечание: ЕОО – энергопотребность основного обмена по уравнению Вейра (ккал/сут); VO_2 – потребление кислорода (л/сут); VCO_2 – выделение углекислого газа (л/сут); $OA_{\text{мочи}}$ – общий азот мочи (г/сут).

Принцип, согласно которому азот не утилизируется во время дыхания, позволил упростить уравнение Вейра [70]. Поэтому не нужно контролировать суточный объем мочи, а достаточно измерять только газовый состав и объем вдыхаемого и выдыхаемого воздуха – преобразование Холдейна.

$$ЕОО \text{ (ккал/сут)} = 1,44 \times (3,796 \times VO_2 + 1,214 \times VCO_2)$$

Однако для реализации этой методики необходимо соблюдение ряда условий: стабильный объем 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 показывают энергопотребность основного обмена, но и позволяют судить о специфике метаболизма (преобладание гликолиза, липолиза, кетогенеза или др.). Появляются все больше работ по изучению дыхательного коэффициента как маркера инсулинорезистентности, что позволяет максимально быстро и правильно спланировать состав питательной смеси [6, 37, 38, 55, 61].

Дыхательный коэффициент (RQ) вычисляется как отношение выделяемого углекислого газа к объему поглощенного кислорода.

$$RQ = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

Примечание: RQ – дыхательный коэффициент; VO_2 – потребление кислорода (л); VCO_2 – выделение углекислого газа (л).

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 потребленного кислорода и выделенного углекислого газа будет равно, следовательно $RQ = 1$. При окислении жиров: $C_{15}H_{31}COOH + 23O_2 = 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP$, коэффициенты кислорода и углекислого газа отличны, $RQ = 0,7$ [54, 63, 68, 69].

Таблица 7
Интерпретация дыхательного коэффициента

RQ	Оценка
Менее 0,65	Нестабильность пациента, метаболизм кетоновых тел или утечка в контуре
0,65–0,70	Метаболизм кетоновых тел
0,71–0,84	Преобладание окисления липидов и белков со снижением обмена углеводов
0,85	Смешанный метаболизм (норма)
0,85–1,00	Преобладание окисления глюкозы
Более 1,00	Преобладают липогенез, утечка в дыхательном контуре или ошибка измерения

Преимущества непрямой калориметрии

- Метод прост в использовании и интерпретации.
- Методика прикроватная и не требует активных действий от пациента.
- Неинвазивный и безопасный для пациента метод.
- Объективность метода сочетается с быстрым получением результата.
- Метод специфичен и позволяет не только определять суточную энергопотребность основного обмена, но оценивать особенности путей метаболизма и контролировать «усваиваемость» нутриентов.
- Методика применима как для пациентов на самостоятельном дыхании, так и при ИВЛ.

Недостатки метода

- Требуется дорогостоящее оборудование.
- Не подходит для пациентов с непостоянным составом газовой смеси.
- Применение высокого ПДКВ может стать причиной погрешности результатов.
- При проведении теста необходимо исключить утечку воздуха, в том числе по плевральным дренажам.
- Дыхательная недостаточность может затруднить интерпретацию результатов.

Таким образом, инструментальные методы оценки нутритивного статуса и суточной энергопотребности остаются «золотым стандартом» изучения метаболизма. Результаты этих методов объективно отражает потребности организма и мало зависят от внешних факторов.

Применение данных методик чаще всего ограничено в связи с ограничением доступности соответствующего медицинского оборудования.

Учитывая многообразие и непростой выбор оптимального набора существующих методик оценки нутритивного статуса пациента, особенно реанимационного профиля, предлагаем воспользоваться следующим упрощенным алгоритмом их использования.

Заключение

Можно заключить, что тщательная оценка метаболического статуса и аргументированное назначение нутритивной терапии являются необходимыми современными методами мониторинга и лечения пациентов с тяжелыми 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, расчетных 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 любого пациента и определения его трофических 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

Таблица 8

Практические рекомендации по использованию методов определения нутритивного статуса

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

более расширенный мониторинг необходимо использовать с последующей всесторонней и персонифицированной оценкой полученных результатов.

На сегодняшний день инструментальный метод nepřямой калориметрии позволяет не только быстро и точно оценить энергопотребности пациента, но и аргументированно выбрать необходимые нутриенты. Этот метод позволяет персонифицированно реализовывать нутритивное обеспечение даже у пациентов реанимационного профиля с тяжелыми нарушениями гомеостаза. Однако все это возможно только при наличии инновационного дорогостоящего медицинского оборудования и обученного медицинского персонала.

При отсутствии подобного оборудования следует использовать актуальные рекомендации Европейского общества клинического питания и метаболизма (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism, ESPEN), что позволит минимизировать, но не исключить полностью все риски и ошибки оценки метаболизма и выбора нутритивного обеспечения. Следуя этим рекомендациям, необходимо осуществлять комплексный контроль за состоянием и динамикой трофического статуса пациента путем 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 принципами: данные анамнеза; всестороннее обследование; выявление ведущих причин, определяющих тяжесть состояния; наличие сопутствующей патологии; состояние компенсаторных механизмов; персонифицированная комплексная оценка. Первично всегда необходима фиксация антропометрических показателей пациента (сразу при его поступлении в клинику или в ОР, когда энергетические депо организма еще не истощены), далее, в зависимости от состояния пациента, индивидуально в каждой конкретной клинической ситуации следует выполнить соответствующий лабораторно-инструментальный скрининг, уточняющие расчетные индексы, а затем в динамике контролировать принципиальные показатели.

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 точно в цифровом или графическом виде представлять конечные результаты. Это послужило толчком для бурного прогресса медицинской техники, следящей аппаратуры, принципиально новых хирургических методов лечения, которые позволяют значительно быстрее, безопаснее и эффективнее ставить правильные диагнозы, выполнять самые разнообразные лечебно-диагностические интервенции, протезировать функции организма. Использование этих технологий позволит прецизионно оценить состояние метаболизма у пациентов в критическом состоянии для адекватной и персонифицированной реализации нутритивного и комплексного лечения.

Список литературы / References

- Бояринцев В.В., Евсеев М.А. Метаболизм и нутритивная поддержка хирургического пациента. Руководство для врачей. СПб: ОНИ-Пресс, 2017, 260 с. Boyarintsev V.V., Evseev M.A. Metabolism and nutritional support of the surgical patient. Guide for doctors. SPb. Oni-Press, 2017, 260 p.
- Брель Н.К., Кокос А.Н., Груздева О.В. Достоинства и ограничения различных методов диагностики висцерального ожирения. Ожирение и метаболизм, 2018, № 4, с. 3–8. Brel N.K., Kokov A.N., Gruzdeva O.V. Advantages and limitations of various methods for diagnosing visceral obesity. Obesity and Metabolism, 2018, No. 4, pp. 3–8.
- Брок П. Общие инструкции для антропологических исследований и наблюдений, составленные П. Брока, секретарем 16. Парижского антропологического общества. Пер. и доп. А. Богданова. М. Унив. тип. 1965, Т. 2, 86 с. Brock, P. General Instructions for Anthropological Research and Observations, compiled by P. Broca, Secretary of the 16th Anthropological Society of Paris. Transl. and ed. by A. Bogdanova. M. Univ. print. 1965, Vol. 2, 86 p.
- 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, № 4, с. 365–384. Gaivoronsky I.V., Nikiporuk G.I., Gaivoronsky I.N., Nikiporuk N.G. Bioimpedancemetry as a method for assessing the component composition of the human body (literature review). Bulletin of St. Petersburg University. Medicine, 2017, No. 4, pp. 365–384.
- Гирш А.О., Малков О.А., Хорова Е.Ю., Куракин В.И. Информативность отдельных показателей нутритивного статуса у онкохирургических больных. ОНБ, 2012, № 2, с. 103–106. Gish A.O., Malkov O.A., Khorova E.Yu., Kurakin V.I. Informativeness of individual indicators of nutritional status in oncosurgical patients. ONB, 2012, No. 2, pp. 103–106.
- Глебова Е.С., Иванова-Давыдова Е.В., Амчелавский В.Г. Непрямая калориметрия как объективный метод оценки энергетических потребностей пациентов в критических состояниях. Детская хирургия, 2019, № 6, с. 329–333. Glebova E.S., Ivanova-Davydova E.V., Amchelslavsky V.G. Indirect calorimetry as an objective method for assessing the energy needs of critically ill patients. Children's Surgery, 2019, No. 6, pp. 329–333.
- Зильбер А.П. Медицина критических состояний: общие проблемы. Петрозаводск: Издательство ПГУ, 1995, 356 с. Zilber A.P. Critical care medicine: General problems. Petrozavodsk: PGU Publishing House, 1995, 356 p.
- Иванов С.В., Хорошилов И.Е. Применяемые в клинике методы оценки нутритивного статуса при недостаточности питания. Ученые записки СПбГМУ им. И.П. Павлова, 2011, № 1, с. 63–67. Ivanov S.V., Khoroshilov I.E. Methods used in the clinic for assessing nutritional status in malnutrition. Scientific Notes of St. Petersburg State Medical University n.a. I.P. Pavlov, 2011, No. 1, pp. 63–67.
- Костюкевич О.И., Свиридов С.В., Рылова А.К., Рылова Н.В., Корсунская М.И., Колесникова Е.А. Недостаточность питания: от патогенеза к современным методам диагностики и лечения. Терапевтический архив, 2017, № 12–2, с. 216–225. Koshtyukovich O.I., Sviridov S.V., Rylova A.K., Rylova N.V., Korsunskaya M.I., Kolesnikova E.A. Malnutrition: From pathogenesis to modern methods of diagnosis and treatment. Therapeutic Archive, 2017, No. 12–2, pp. 216–225.
- Кучиева М.Б., Чапыгина Е.В. Анатомические параметры шеи в возрастном и половом аспектах. Клиническое значение. Волгоградский научно-медицинский журнал, 2020, № 2, с. 14–17. Kuchieva M.B., Chapygina E.V. Anatomical parameters of the neck in age and gender aspects. Clinical significance. Volgograd Scientific Medical Journal, 2020, No. 2, pp. 14–17.
- Лүфт В.М. Клиническое питание больных в интенсивной медицине: практическое руководство. под ред. Лүфта В.М., Баженова С.Ф., издание второе, дополненное. СПб. Арт-Экспресс, 2013, 460 с. Luft V.M. Clinical nutrition of patients in intensive care: A practical guide. Ed. Luft V.M., Bagenko S.F., second edition, supplemented. St. Petersburg. Art-Express, 2013, 460 p.
- Лүфт В.М., Костюченко А.Л., Лейдерман И.Н. Руководство по клиническому питанию в интенсивной медицине. СПб-Ект: Изд. «Фарм Инфо», 2003, 310 с. Luft V.M., Koshtyuchenko A.L., Leiderman I.N. Guide to clinical nutrition in intensive care. SPb-Ekt: Ed. Pharm Info, 2003, 310 p.
- Лүфт В.М., Хорошилов И.Е. Нутритивная поддержка больных в клинической практике. СПб.: ВМЕА, 1997, 120 с. Luft V.M., Khoroshilov I.E. Nutritional support of patients in clinical practice. St. Petersburg: VmedA, 1997, 120 p.
- Лыщенко Ю.Н. Критерии эффективности искусственного лечебного питания в хирургии. Вест. хирур., 1987, Т. 139, № 10, с. 133–137. Lyashchenko Yu.N. Criteria for the effectiveness of artificial therapeutic nutrition in surgery. Surg. Bulletin, 1987, V. 139, No. 10, pp. 133–137.
- 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, № 1, с. 47–52. Nikiforova Yu.G., Tochilo S.A., Marochkov A.V. Comparative assessment of the information content of determining procalcitonin, C-reactive protein and cholesterol as laboratory markers of sepsis. Bulletin of anesthesiology and Resuscitation, 2016, No. 1, pp. 47–52.
- Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., С.Г. Руднев. Биоимпедансный состав тела человека. М.: Наука, 2009, 392 с. Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., S.G. Rudnev. Bioimpedance composition of the human body. M.: Nauka, 2009, 392 p.
- Ройтберг Г.Е. Внутренние болезни. Лабораторная и инструментальная диагностика: учеб. пособие. 6-е изд., М.: МЕДпресс-информ, 2021, 800 с. Roitberg G.E. Internal illnesses. Laboratory and instrumental diagnostics: Textbook. 6th ed. Moscow: MEDpress-inform, 2021, 800 p.
- 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. Saltanov A.I., Obukhova O.A., Kadyrova E.G. Assessment of nutritional status in anesthesiology and intensive care. Bulletin of Intensive Care, 1996, No. 4, pp. 42–48.
- 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. Smirnova G.A., Andriyanov A.I., Kravchenko E.V., Konovalova I.A. Selection of optimal methods for determining ideal body weight for assessing nutritional status. Nutrition Issues, 2019, No. 5, pp. 39–44.
- 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. Smirnova G.A., Kravchenko E.V., Konovalova I.A. The choice of optimal methods for determining the nutritional status of military personnel. Bulletin of the Russian Military Medical Academy, 2018, No. 3 (63), pp. 164–168.
- Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство 2-е изд., Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022, 1002 с. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B. Nutrition and clinical dietology: National guidelines 2nd ed., Moscow: GEOTAR-Media, 2022, 1002 p.
- Хартг В. Современная инфузионная терапия. Парентеральное питание: Пер. с нем., 4-е изд. перераб. и расшир. М.: Медицина, 1982, 494 с. Hartig V. Modern infusion therapy. Parenteral nutrition: Tr. from German, 4th ed. revised and ext. M.: Medicine, 1982, 494 p.
- Хендерсон Дж.М. Патология физиологии органов пищеварения. Пер. с англ. М.: Изд. дом БИНОМ, 3-е изд., испр., 2022, 272 с. Henderson J.M. Pathophysiology of the digestive system. Tr. from English. M.: Ed. house BINOM, 3rd ed., rev., 2022, 272 p.

24. Хорошилов И.Е. Руководство по парентеральному и энтеральному питанию. Под редакцией Хорошилова И.Е. Санкт-Петербург: «Нормед-Издатель», 2000, 376 с. Khoroshilov I.E. Guidelines for parenteral and enteral nutrition. Edited by Khoroshilov I.E. St. Petersburg: Normed-Izdato, 2000, 376 p.
25. Чепель Т.В., Ладная А.А. Биомпедансометрия: достижения и клинические возможности (обзор литературы). Дальневосточный медицинский журнал. 2020. № 2. С. 86–97. Chepel T.V., Ladnaya A.A. Bioimpedance: Achievements and clinical possibilities (literature review). Far Eastern Medical Journal. 2020. No. 2, pp. 86–97.
26. Шестопалов А.Е., Попова Т.С., Яковлев А.А. и соавт. Интенсивная терапия. Национальное руководство. Краткое издание. ГЭОТАР-Медиа, 2019, 325 с. Shestopalov A.E., Popova T.S., Yakovlev A.A. et al. Intensive therapy. National Guidebook. Short edition. GEOTAR-Media, 2019, 325 p.
27. Bachrach L.K. Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) measurements of bone density and body composition: promise and pitfalls. J Pediatr Endocrinol Metab. 2000 Sep, 13 Suppl 2, P. 983–8.
28. Balasubramanian S., Tran D.H., Serra M., Parker E.A., Diaz-Abad M., Deepak J., McCurdy M.T., Verceles A.C. 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, Oct 45, P. 449–453.
29. Barendregt K., Soeters P.B., Allison S.P., Kondrup J. Basic concepts in nutrition: Diagnosis of malnutrition – screening and assessment. Clinical Nutrition and Metabolism. 2008, 3, P. 121–125.
30. Bekar C., Açıkgöz A., Turkoğlu I., Melekoglu E. Assessment of nutritional status and anthropometric measurement of patient with renal failure. Clinical Nutrition. 37, P. 111.
31. Berger M.M., Reintam-Bloser A., Calder P.C., Casar M., Hiesmayr M.J., Mayer K., Montejo J.C., Pichard C., Preiser J.C., van Zanten A.R.H., Bischoff S.C., Singer P. Monitoring nutrition in the ICU. Clin Nutr. 2019 Apr, 38 (2), P. 584–593.
32. Bernstein L., Bachman T., Meguid M., Ament M., Baumgartner T., Kinsios B. 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, P. 169–71.
33. Blanck H.M., Bowman B.A., Cooper G.R., Myers G.L., Miller D.T. Laboratory issues: Use of nutritional biomarkers. J Nutr. 2003, Mar, 133, Suppl. 3, P. 888–894.
34. Bolanowski M., Nilsson B.E. Assessment of human body composition using dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis. Med Sci Monit. 2001, Sep-Oct, 7 (5), P. 1029–33.
35. Brandi L.S., Santini L., Bertolini R., Malacarne P., Casaghi S., Baraglia A.M. Energy expenditure and severity of injury and illness indices in multiple trauma patients. Crit Care Med. 1999 Dec, 27 (12), P. 2684–9.
36. Casati A., Muttini S., Leggieri C., Colombo S., Giorgi E., Tori G. Rapid turnover proteins in critically ill ICU patients. Negative acute phase proteins or energy indicators? Minerva Anestesiol 1998, 64, P. 345–50.
37. Cooney R.N., Frankenfield D.C. Determining energy needs in critically ill patients: Equations or indirect calorimeters. Curr Opin Crit Care. 2012 Apr, 18 (2), P. 174–7.
38. De Waele E., Jonckheer J., Wischmeyer P.E. Indirect calorimetry in critical illness: A new standard of care? Curr Opin Crit Care. 2021 Aug, 27 (4), P. 34–343.
39. Demir M.V., Tamer A., Cinemre H., Uslan I., Yaylaci S., Erkorkmaz U. Nutritional status and laboratory parameters among internal medicine inpatients. Niger J Clin Pract. 2015 Nov-Dec, 18 (6), 757–61.
40. Devoto G., Gallo F., Marchello C., Rocchi O., Garbarini R., Bonassi S. et al. Prealbumin serum levels as a useful tool in the assessment of malnutrition in hospitalized patients. Clin Chem 2006, 52, P. 2281–5.
41. Dumler F. Use of bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry for monitoring the nutritional status of dialysis patients. ASAIO J. 1997, 43 (3), P. 256–60.
42. Eila M., Cummings J.H. Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates. Eur J Clin Nutr. 2007 Dec, 61 Suppl 1, P. 40–74.
43. Evans D.C., Corkins M.R., Malone A., Miller S., Mogensen K.M., Guenther P., Jensen G.L. ASPEN Malnutrition Committee. The Use of Visceral Proteins as Nutrition Markers: An ASPEN Position Paper. Nutr Clin Pract. 2021 Feb, 36 (1), P. 22–28.
44. 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, 78, P. 241–249.
45. Fleck A., Raines G., Hawker F., Trotter J., Wallace P.I., Ledingham I.M., et al. Increased vascular permeability: a major cause of hypoalbuminaemia in disease and injury. Lancet 1985, 1, P. 781–4.
46. Frankenfield D., Hise M., Malone A., Russell M., Gradwell E., Compher C. 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, P. 1552–1561.
47. 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, 33 (1), P. 27–36.
48. Fuhrman M.P., Charney P., Mueller C.M. Hepatic proteins and nutrition assessment. J Am Diet Assoc. 2004, 04 (8), P. 1258–64.
49. Goodman B.E. Insights into digestion and absorption of major nutrients in humans. Adv Physiol Educ. 2010, 34 (2), P. 44–53.
50. Haarbø J., Goffredsen A., Hassager C., Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). Clin Physiol. 1991, 11 (4), P. 331–41.
51. Harris J.A., Benedict F.G. A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Washington DC: Carnegie Institute. 1919, Publication No. 279 p.
52. Ingenbleek Y., Bernstein L., Plasma Transferrin as a Biomarker of Lean Body Mass and Catabolic States. Advances in Nutrition. 2015, Vol. 6, Issue 5, P. 572–580.
53. 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, May-Jun, 13 (3), P. 330–3.
54. Jonckheer J., Demol J., Lanckmans K., Malbrain M.L., Spapen H., De Waele E. MECCIAS trial: Metabolic consequences of continuous veno-venous hemofiltration on indirect calorimetry. Clin Nutr. 2020, 39 (12), P. 3797–3803.
55. Kenny G.P., Naffey 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, 117 (9), P. 1765–1785.
56. Lang P.O., Trivale C., Vogel T., Proust J., Papazyan J.P., Dramé M. Determination of Cutoff Values for DEXA-Based Body Composition Measurements for Determining Metabolic and Cardiovascular Health. Biore Open Access. 2015, 4 (1), P. 16–25.
57. Maile M.D., Sigalos 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, 57, P. 197–202.
58. Mifflin M.D., St Jeor S.T., Hill L.A., Scott B.J., Daugherty S.A., Koh Y.O. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. Am J Clin Nutr. 1990, 51 (2), P. 241–7.
59. Mourad F.H., Saadé N.E. Neural regulation of intestinal nutrient absorption. Prog Neurobiol. 2011, 95 (2), P. 149–62.
60. Nabavi A., Allami A., Qasembari R. Changes in plasma lipid and in-hospital deaths in patients with sepsis. Med J Islam Repub Iran. 2020, 9, P. 34–45.
61. Oshima T., Berger M.M., De Waele E., Guttormsen A.B., Heidegger C.P., Hiesmayr M., Singer P., Wernerman J., Pichard C. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICAUL study group. Clin Nutr. 2016, 36, P. 651–662.
62. 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. 2003, 6, P. 211–6.
63. Segadilha N.L., Rocha E.E., Tanaka L.M., Gomes K., Espinoza R.E., Peres W.F. Energy Expenditure in Critically Ill Elderly Patients: Indirect Calorimetry vs Predictive Equations. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2017, 41 (5), 776–784.
64. Shenkin A. Serum prealbumin: Is it a marker of nutritional status or of risk of malnutrition? Clin Chem. 2006, 52 (12), P. 2177–9.
65. Singer P. Protein metabolism and requirements in the ICU. Clin Nutr ESPEN. 2020, 38, P. 3–8.
66. Vincent J.L., Russell J.A., Jacob M., Martin G., Guidet B., Wernerman J. et al. Albumin administration in the acutely ill: What is new and where next? Crit Care. 2014, 18, P. 231–235.
67. Walker R.N., Heuberger R.A. Predictive equations for energy needs for the critically ill. Respir Care. 2009, 54 (4), P. 509–21.
68. Wang X., Wang Y., Ding Z., Cao G., Hu F., Sun Y., Ma Z., Zhou D., Su B. Relative validity of an indirect calorimetry device for measuring resting energy expenditure and respiratory quotient. Asia Pac J Clin Nutr. 2018, 27 (1), P. 72–77.
69. 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), P. 930–934.
70. Weir V. A new method for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J Physiol. 1949, 109, P. 1–9.
71. White J.V., Guenther P., Jensen G., Malone A., Schofield M. Academy Malnutrition Work Group; A.S.P.E.N. Malnutrition Task Force; A.S.P.E.N. Board of Directors. 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), P. 275–83.
72. Zhang Z., Pereira S.L., Luo M., Matheson E.M. Evaluation of Blood Biomarkers Associated with Risk of Malnutrition in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2017, 4 (2), P. 829–836.
73. Zusman O., Kagan I., Bendavid I., Theilla M., Cohen J., Singer P. Predictive equations versus measured energy expenditure by indirect calorimetry: A retrospective validation. Clin Nutr. 2019, 38 (3), P. 1206–1210.

Статья поступила / Received 23.03.23

Получена после рецензирования / Revised 30.03.23

Принята к публикации / Accepted 07.04.23

Сведения об авторах

Сластников Евгений Дмитриевич, ординатор кафедры анестезиологии, реаниматологии и интенсивной терапии лечебного факультета¹. E-mail: slast08@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-2843-8672

Власенко Алексей Викторович, д.м.н, проф., Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, зав. кафедрой анестезиологии и неотложной медицины¹, зав. отделом реанимации². E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Евдокимов Евгений Александрович, д.м.н, проф., почетный зав. кафедрой анестезиологии и неотложной медицины². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

Родионов Евгений Петрович, к.м.н., зам. гл. врача по анестезиологии и реанимации¹, доцент кафедры анестезиологии и неотложной медицины². E-mail: dr.rodiонов@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Корякин Альберт Геннадьевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации¹. E-mail: koriakinalbert@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5477-4242

Клюев Иван Сергеевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации¹. E-mail: ivan.kluev11@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1050-0415

Маковей Виктория Ивановна, к.м.н, доцент кафедры². E-mail: nica-m-med@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-7263-0058

Ерофеев Владимир Владимирович, к.м.н, доцент кафедры². E-mail: erofeevv@mapo.ru. ORCID: 0000-0002-7320-3322

¹ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения Москвы», Москва

²Кафедра анестезиологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

Автор для переписки: Сластников Евгений Дмитриевич. E-mail: slast08@yandex.ru

Для цитирования: Сластников Е.Д., Власенко А.В., Евдокимов Е.А., Шестопалов А.Е., Родионов Е.П., Корякин А.Г., Клюев И.С., Маковей В.И., Ерофеев В.В. Метаболический статус пациента в отделении реанимации и выбор методов его оценки (современное состояние вопроса). Медицинский алфавит. 2023; (16): 53–72. <https://doi.org/10.3366/72078-5631-2023-16-53-72>.

About authors

Slasnikov Evgeny D., resident of the Dept of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care, Faculty of Medicine¹. E-mail: slast08@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-2843-8672

Vlasenko Alexey V., DM Sci (habil.), prof., head of Dept of Anesthesiology and Emergency Medicine¹, head of Resuscitation Dept². E-mail: dr.vlasenko67@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4535-2563

Evdokimov Evgeny A., DM Sci (habil.), prof., honorary head of Dept of Anesthesiology and Emergency Medicine². E-mail: ea_evdokimov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8569-8667

Rodionov Evgeny P., PhD Med, deputy chief physician for Anesthesiology and Resuscitation¹, associate professor at Dept of Anesthesiology and Emergency Medicine². E-mail: dr.rodiонов@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3852-8877

Koryakin Albert G., anesthesiologist-resuscitator of Resuscitation Dept¹. E-mail: koriakinalbert@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5477-4242

Klyuev Ivan S., anesthesiologist-resuscitator of Resuscitation Dept¹. E-mail: ivan.kluev11@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1050-0415

Makovey Victoria I., PhD Med, associate professor at Dept². E-mail: nica-m-med@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-7263-0058

Erofeev Vladimir V., PhD Med, associate professor at Dept². E-mail: erofeevv@mapo.ru. ORCID: 0000-0002-7320-3322

¹City Clinical Hospital n.a. S.P. Botkin, Moscow, Russia

²Russian Medical Academy for Continuing Professional Education, Moscow, Russia

Corresponding author: Slasnikov Evgeny D. E-mail: slast08@yandex.ru

For citation: Slasnikov E.D., Vlasenko A.V., Evdokimov E.A., Koryakin A.G., Rodionov E.P., Koryakin A.G., Klyuev I.S., Makovey V.I., Erofeev V.V. Patient's metabolic status in ICU and choice of its assessment methods. Medical alphabet. 2023; (16): 53–72. <https://doi.org/10.3366/72078-5631-2023-16-53-72>.

