

УДК 613.2:616-008.9:577.1

Е.В. Неврычева

Нутрициология и клиническая диетология (Часть 2. Энергетический обмен, методы оценки и клинические алгоритмы)

Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения, г. Хабаровск

Контактная информация: Н.В. Неврычева, e-mail:

zlatoid2009@mail.ru ORCID: 0000-0002-9629-7878

Резюме

Диетология переживает период активного развития, трансформируясь из эмпирических советов по питанию в строгую доказательную науку. Для практикующего врача понимание основ клинической диетологии становится не просто полезным, а обязательным компонентом эффективной терапии, поскольку питание лежит в основе патогенеза, профилактики и лечения большинства хронических неинфекционных заболеваний. Статья направлена на формирование у врачей системного представления о нутрициологии и современной клинической диетологии как о междисциплинарных медицинских науках, об их основных разделах, доказательной базе и практических инструментах интеграции в повседневную клиническую практику.

Ключевые слова: нутрициология, диетология, хронические неинфекционные заболевания, профилактика, лечение

E.V. Nevrycheva

Nutrition and Clinical Dietetics. Introduction (Part 2)

Postgraduate Institute for Public Health Workers, Khabarovsk

Contact information: N.V. Nevrycheva, e-mail: zlatoid2009@mail.ru

Summary

Dietetics is experiencing a period of active development, transforming from empirical nutrition advice into a rigorous, evidence-based science. For practicing physicians, understanding the fundamentals of clinical dietetics is becoming not just useful but a necessary component of effective therapy, as nutrition underlies the pathogenesis, prevention, and treatment of most chronic noncommunicable diseases. This article aims to develop a systemic understanding of nutrition and modern clinical dietetics as interdisciplinary medical sciences, their main branches, evidence base, and practical tools for integrating them into everyday clinical practice.

Key words: nutrition, dietetics, chronic noninfectious diseases, prevention, treatment

Обсуждение результатов

Обмен веществ и энергии, или метаболизм, представляет собой совокупность взаимосвязанных и тонко регулируемых физико-химических процессов,

протекающих в живом организме [3]. Все они подчинены единой цели: усвоению веществ и энергии из внешней среды, их преобразованию для удовлетворения пластических и энергетических нужд организма, а также выведению во

внешнюю среду конечных продуктов распада и избыточной энергии [1].

В основе метаболизма лежат два противоположно направленных, но неразрывно связанных процесса. Первый из них – анаболизм, или пластический обмен, который сводится к совокупности реакций синтеза сложных органических молекул из более простых [5]. Благодаря ему создаются и обновляются клеточные структуры, такие как органоиды и мембраны, происходит синтез белков, нуклеиновых кислот и липидов, а также запасание энергии. Примером может служить построение мышечного белка из аминокислот, поступивших с пищей. Второй процесс – катаболизм, или энергетический обмен, напротив, представляет собой совокупность реакций распада сложных органических веществ (как тех, что пришли извне, так и тех, что принадлежат самому организму) до более простых соединений [5]. Его ключевая роль заключается в высвобождении энергии, заключенной в химических связях макромолекул: часть этой энергии запасается в виде АТФ – универсального клеточного «энергетического топлива», а остаток рассеивается в виде тепла. Классический пример такого процесса - окисление глюкозы до углекислого газа и воды в ходе клеточного дыхания [3]. Эти два процесса тесно сопряжены: энергия АТФ, образующаяся в ходе катаболизма, служит

необходимым условием для протекания анаболических реакций. Метаболизм выполняет в организме целый ряд фундаментальных функций [3]. Это, прежде всего, функция энергетическая, обеспечивающая энергией все жизненные процессы; пластическая, позволяющая осуществлять рост, развитие и непрерывное обновление тканей; запасающая, благодаря которой создаются резервы энергии (в виде гликогена и жиров) и питательных веществ; защитная и регуляторная, связанная с синтезом компонентов иммунной системы, гормонов, ферментов и других биологически активных соединений; наконец, гомеостатическая, направленная на поддержание постоянства внутренней среды организма, включая кислотно-щелочное равновесие, осмотическое давление и температуру тела [1].

Таким образом, обмен веществ и энергии выступает фундаментальным свойством всего живого [3]. Он представляет собой сложную, многоуровневую систему химических превращений, которая снабжает организм как строительным материалом, выполняя пластическую функцию, так и необходимой энергией для поддержания жизнедеятельности, роста и саморегуляции [5]. Не случайно нарушения этого обмена лежат в основе патогенеза большинства алиментарно-зависимых заболеваний [1].

В диетологии и нутрициологии **килокалория** выступает основной мерой для определения энергетической ценности продуктов и оценки энергозатрат организма [2]. Хотя эта единица не входит в Международную систему

единиц (СИ), именно она стала практическим инструментом управления энергетическим балансом [3]. Физическая суть килокалории проста: это количество тепла, необходимое для нагревания одного килограмма воды на один градус Цельсия при стандартном атмосферном давлении [5]. При этом важно не путать её с калорией: одна килокалория равна тысяче калорий. В повседневной жизни, когда говорят о «калорийности» яблока или суточной норме, на самом деле всегда подразумевают килокалории. Именно в них на упаковках указывают питательную ценность продуктов [6], и именно в килокалориях измеряют суточные энерготраты человека – например, 2000 ккал для женщины со средней активностью [2]. Энергетическая ценность макронутриентов при их окислении в организме также выражается в килокалориях: при сгорании одного грамма жиров выделяется около 9 ккал, белков и углеводов – примерно по 4 ккал, а чистого этанола (спирта) – около 7 ккал [3].

Для перевода в системные единицы используется простое соотношение: 1 ккал = 4,184 кДж, поэтому на многих продуктах энергетическая ценность дублируется в килокалориях и килоджоулях [7]. В клинической практике килокалория незаменима: на её основе строятся лечебные диеты, рассчитываются основной обмен и суточный расход энергии с

учётом физической активности [8]. Именно баланс между поступлением энергии с пищей (в ккал) и её расходом определяет, будет ли масса тела снижаться, оставаться стабильной или увеличиваться [2]. Таким образом, килокалория служит ключевым звеном между составом рациона и физиологическими потребностями организма [3].

Энергетический коэффициент обозначает количество энергии, которое высвобождается в организме при окислении, или, проще говоря, «сжигании», одного грамма конкретного макронутриента [1]. По сути, именно эти значения лежат в основе расчета калорийности любого пищевого продукта [5].

Стандартные коэффициенты, известные как коэффициенты Атвотера, были установлены еще в конце XIX – начале XX века ученым Уилбуром Этвотером и до сих пор остаются фундаментом для пищевых расчетов [3]. Согласно им, жиры, как наиболее калорийный макронутриент, дают примерно 9 ккал на грамм, что объясняется высокой восстановленностью их молекул и большим количеством водорода, готового к окислению. Белки и углеводы, в свою очередь, обеспечивают около 4 ккал на грамм, а этанол, хотя и не является нутриентом, но учитывается в энергетическом балансе, дает примерно 7 ккал на грамм [5]. Вместе с тем важно понимать, что эти значения являются теоретическими, поскольку в реальности организм усваивает нутриенты не на сто процентов.

По данным того же Этвотера, усвояемость белков составляет 92%, жиров – 95%, углеводов – 97% [1]. С учетом этих поправок реальная энергетическая ценность макронутриентов оказывается несколько ниже: около 3,7 ккал на грамм для белков, 8,5 ккал на грамм для жиров и 3,87 ккал на грамм для углеводов. Именно эти скорректированные значения, округленные до привычных 4, 9 и 4 ккал на грамм, используются на практике при маркировке продуктов и составлении рационов [7], поскольку они отражают ту энергию, которую организм действительно может получить.

В клинической и диетологической практике энергетические коэффициенты имеют непосредственное прикладное значение. На их основе рассчитывается калорийность продуктов: достаточно умножить содержание белков, жиров и углеводов на соответствующие коэффициенты и суммировать результаты [3]. Например, если в ста граммах продукта содержится 10 граммов белков, 5 граммов жиров и 20 граммов углеводов, его энергетическая ценность составит 40 плюс 45 плюс 80, то есть 165 килокалорий.

Кроме того, эти коэффициенты позволяют диетологу гибко управлять калорийностью рациона, изменяя соотношение основных нутриентов, – в частности, для снижения энергетической ценности в

первую очередь сокращают долю жиров, как наиболее калорийного компонента [2]. Тем же объясняется и тот факт, что при равной массе жирные продукты оказываются значительно калорийнее белковых или углеводных. Таким образом, энергетический коэффициент выступает в роли константы, отражающей количество килокалорий, высвобождаемых при окислении грамма нутриента, и служит основой как для расчета энергетической ценности рациона, так и для диетологической коррекции в клинической практике [3].

Энергетическая ценность пищи, или калорийность, – это количество энергии, которое высвобождается при окислении (метаболизме) макронутриентов, содержащихся в продукте, и становится доступным для обеспечения физиологических функций организма [1, 3]. По своей физической сущности энергетическая ценность представляет собой потенциальную энергию химических связей белков, жиров и углеводов, высвобождающуюся в процессе биологического окисления и запасующуюся в виде аденозинтрифосфата (АТФ) [5]. В диетологии эту энергию традиционно выражают в килокалориях (ккал), тогда как в системе СИ используется килоджоуль (кДж); соотношение между ними составляет 1 ккал = 4,184 кДж [1, 2].

Расчет энергетической ценности продукта или рациона выполняют суммированием энергии, которую дают отдельные макронутриенты, используя установленные энергетические коэффициенты: для жиров – 9 ккал/г, для

Обзоры литературы Е.В. Неврычева

Нутрициология и клиническая диетология (Часть 2. Энергетический обмен, ...

белков и углеводов - по 4 ккал/г, для пищевых волокон (с учетом их вариабельной усвояемости) - примерно 2 ккал/г, а для этанола — 7 ккал/г [2, 3]. Таким образом, формула расчета приобретает вид: ЭЦ = (Б × 4) + (Ж × 9) + (У × 4) + (клетчатка × 2). Однако в клинической практике важно различать теоретическую, или брутто, энергетическую ценность, получаемую по стандартным коэффициентам, и физиологическую (нетто), которая учитывает энерготраты на пищеварение (специфически-динамическое действие пищи), индивидуальные особенности метаболизма, состояние желудочно-кишечного тракта и взаимовлияние различных нутриентов [1, 4].

Клиническое значение энергетической ценности трудно переоценить. Она служит основой нутритивной поддержки: от расчета индивидуальной потребности в энергии до формирования лечебных рационов и контроля энергетического баланса [3, 8]. Кроме того, оценка энергетической ценности выступает важным диагностическим маркером, позволяя судить об адекватности питания, выявлять нарушения нутритивного статуса и мониторировать эффективность диетотерапии [1, 5]. В профилактическом аспекте правильный учет калорийности рациона способствует предупреждению алиментарно-зависимых заболеваний, контролю массы

тела и оптимизации физического развития [2, 3].

Таким образом, энергетическая ценность пищи представляет собой интегральный показатель, характеризующий способность продукта удовлетворять энергетические потребности организма. Для врача глубокое понимание этого понятия позволяет обоснованно назначать лечебные диеты, контролировать энергетический баланс пациента, прогнозировать эффективность нутритивной поддержки и проводить профилактику метаболических заболеваний, что делает точную оценку энергетической ценности рациона обязательным условием успешной диетотерапии и предупреждения нутритивных нарушений [1, 3, 8].

Структура суточных энерготрат (расходов энергии) Суточные энерготраты организма складываются из нескольких компонентов, которые в совокупности формируют общий энергетический баланс [1, 5]. Наибольший вклад — от 60 до 75% — вносит основной обмен, или расход энергии в состоянии покоя. Это количество энергии, необходимое для поддержания жизнедеятельности в условиях полного физического и психического покоя, натошак и при комфортной температуре. Данная энергия направляется на работу внутренних органов - мозга, сердца, печени, почек, на дыхание, кровообращение, поддержание мышечного тонуса, а также на клеточный транспорт и синтез ключевых веществ. Именно этот компонент является самым значительным в структуре энерготрат [3, 5].

Следующий по значимости компонент - расход энергии на физическую активность, который обычно составляет от 15 до 30% и сильно варьируется в зависимости от образа жизни. Сюда входят любые виды мышечной деятельности: от простых изменений позы до интенсивных тренировок. При этом выделяют как целенаправленную активность — спорт и фитнес, так и так называемый NEAT — термогенез неспортивной активности, включающий ходьбу, работу по дому, поддержание позы стоя и даже мелкие движения вроде ерзания на стуле. Последний компонент особенно вариателен

и может служить эффективным инструментом для коррекции веса [1, 3].

Завершает структуру термический эффект пищи, или специфически-динамическое действие пищи, - энергия, которая требуется для переваривания, всасывания, транспорта и усвоения питательных веществ. Его доля в общих расходах составляет примерно 5–10%. При этом разные нутриенты требуют неодинаковых затрат: наибольший термический эффект у белков - от 20 до 30% от их калорийности, тогда как у углеводов он составляет около 5–10%, а у жиров - лишь 0–3% [3, 5]. Виды расходов энергии и долей в суточных расходах приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сводная таблица видов расходов энергии

Вид расходов энергии	Описание	Доля в суточных расходах	Факторы влияния
Основной обмен (BMR/REE)	Энергия для поддержания жизни в покое	~60-75%	Возраст, пол, рост, вес, безжировая масса тела, гормональный статус (щитовидная железа).
Физическая активность (РА)	Энергия на любую мышечную работу.	~15-30%	Уровень и интенсивность daily activity, профессия, занятия спортом.
Термический эффект пищи (ТЭП)	Энергия на переваривание и усвоение пищи.	~5-10%	Состав рациона (больше белка — выше ТЭП), размер порций.

В определенных физиологических и патологических состояниях структура энерготрат организма претерпевает изменения за счет появления дополнительных статей расхода. К ним относятся энергия, направляемая на рост и развитие (что особенно значимо у детей, подростков и беременных женщин), энергия, обеспечивающая лактацию у кормящих, затраты

на адаптацию к холоду (включая дрожь и несократительный термогенез), а также повышенный расход, связанный с борьбой с болезнью — при лихорадке, сепсисе, травмах и ожогах, когда преобладают катаболические процессы [1, 3, 8].

Общие суточные энерготраты (TDEE) принято выражать формулой, суммирующей основной обмен (BMR), расход энергии на фи-

Обзоры литературы Е.В. Неврычева

Нутрициология и клиническая диетология (Часть 2. Энергетический обмен, ...

зическую активность (ТЕА) и термический эффект пищи (ТЕФ), к которым при необходимости добавляются перечисленные выше дополнительные затраты [5]. Понимание этой структуры позволяет врачу точно рассчитывать индивидуальные потребности пациента в энергии, эффективно планировать стратегии снижения или набора веса (например, за счет увеличения NEAT или доли белка в рационе), а также корректировать питание при различных физиологических состояниях - таких как беременность или старение - и при заболеваниях, включая сахарный диабет и ожирение [1, 3, 8]. Таким образом, современная диетология рассматривает суточные энерготраты как интегральную величину, складывающуюся из основного обмена, активности и термического эффекта пищи, и анализ каждого из этих компонентов позволяет проводить персонализированную коррекцию энергетического баланса для достижения целей диетотерапии [3, 5].

При рассмотрении динамики энерготрат в зависимости от возраста прослеживается четкая общая тенденция: они стремительно нарастают в детстве, достигают плато в зрелые годы и постепенно снижаются в пожилом и старческом возрасте [2, 3]. В детском и подростковом периоде, характеризующемся активным ростом, отмечаются высокие относительные энерготраты на килограмм массы те-

ла. Значительная часть энергии здесь направляется на пластические процессы - синтез новых тканей, что сочетается с интенсивным основным обменом, обеспечивающим быстрый рост и развитие, а также с естественной высокой физической активностью. Пик потребностей приходится на период пубертатного скачка роста [2, 5].

У взрослых людей в возрасте от 20 до 45 лет наступает период стабилизации: процессы роста завершены, масса тела и состав тела относительно стабильны, а уровень физической активности становится главной переменной составляющей энерготрат [2, 3]. При этом важно учитывать, что после 25–30 лет основной обмен начинает очень медленно, в среднем на 1–2% за десятилетие, снижаться, что при неизменном характере питания может создавать предпосылки для постепенного набора веса [2, 5]. В зрелом возрасте, охватывающем период от 45 до 65 лет, начинается более заметное снижение энерготрат. Оно обусловлено постепенной потерей мышечной массы (саркопенией), в результате чего уменьшается объем метаболически активных тканей и снижается основной обмен; свою роль играют изменения гормонального фона, особенно выраженные у женщин в период менопаузы, а также нередкое в этом возрасте уменьшение физической активности [3, 8].

В пожилом и старческом возрасте (65 лет и старше) энерготраты снижаются наиболее значительно. Прогрессирующая саркопения приводит к существенному уменьшению мас-

сы скелетной мускулатуры, интенсивность метаболических процессов продолжает падать, объем физической активности часто ограничивается сопутствующими заболеваниями, кроме того,

изменяется всасывание нутриентов [2, 3, 8].

Сводные данные об изменении компонентов энерготрат с возрастом обобщены в табл. 2.

Таблица 2. Изменение компонентов энерготрат с возрастом

Возрастной период	Основной обмен (BMR)	Физическая активность (РА)	Термический эффект пищи (TEF)	Общая тенденция
Дети/Подростки	↑↑ Очень высокий (на кг веса)	↑↑ Высокая	↑ Нормальный или повышенный	Высокие потребности для обеспечения роста
Взрослые (20-45)	→ Стабильный (пик абсолютных значений)	→ Зависит от образа жизни	→ Нормальный	Стабильные потребности, зависят от активности
Зрелый возраст (45-65)	↓ Начинает снижаться (-1-2% за 10 лет)	↓ Часто снижается	↓ Может снижаться	Постепенное снижение потребностей.
Пожилой возраст (65+)	↓↓ Значительно снижен	↓↓ Как правило, низкая	↓ Снижен	Явное снижение потребностей в энергии.

Для врача понимание возрастной динамики энерготрат имеет ключевое клиническое значение. Прежде всего, это основа для профилактики ожирения: зная о естественном снижении энергозатрат с возрастом, специалист может доходчиво объяснить пациенту необходимость своевременной коррекции рациона и поддержания физической активности, что позволяет предотвратить нежелательный набор веса [1, 2]. Кроме того, данное знание важно в контексте профилактики

саркопении: здесь необходимо акцентировать внимание на адекватном потреблении белка и регулярных силовых тренировках, поскольку именно мышечная масса является ключевым фактором, определяющим уровень основного обмена [3, 8]. Особого внимания заслуживает и предупреждение недостаточности питания у пожилых: несмотря на снижение общей потребности в энергии, потребность в витаминах, минералах и белке не только не уменьшается, но зачастую возрастает, что требует со-

ставления нутритивно плотного рациона при его сниженной калорийности [2, 3].

Таким образом, энерготраты человека находятся в прямой зависимости от возраста, демонстрируя криволинейную динамику с пиком в молодом зрелом возрасте и последующим прогрессирующим снижением, основными причинами которого выступают уменьшение мышечной массы и уровня физической активности [1, 5]. Учет этих возрастных особенностей энергообмена является обязательным условием для разработки эффективных персонализированных рекомендаций по питанию на всех этапах жизни [2, 3].

Отдельного внимания заслуживает понятие, которое в классической литературе обозначалось как **«рабочий обмен»** [4]. Хотя в современной науке этот термин практически не используется, понимание его необходимо для корректного прочтения классических трудов. Под рабочим обменом (или рабочей прибавкой) понимали дополнительные энерготраты организма, возникающие при приеме и переваривании пищи. Суть этого явления заключается в том, что после еды обмен веществ усиливается, что приводит к увеличению расхода энергии по сравнению с уровнем основного обмена. Энергия тратится на механическую и химическую обработку пищи, транспорт питательных веществ и синтетические процессы [5].

Фактически, термин «рабочий обмен» является синонимом современного понятия «специфически-динамическое действие пищи» (СДД) или, в международной терминологии, «термический эффект пищи» (ТЭП) [3, 5]. Это более точное и научное понятие, которое полностью заменяет устаревший термин. Термический эффект пищи представляет собой количество энергии, которое организм расходует на переваривание (как механическое, так и ферментативное расщепление), всасывание нутриентов в кишечнике, их транспорт к тканям, а также на последующую метаболизацию и усвоение, включая процессы синтеза и запасаения [1].

Важно, что величина ТЭП напрямую зависит от типа макронутриентов. Наибольшими затратами энергии сопровождается усвоение белков: на их переработку организм тратит от 20 до 30% от поступающей калорийности. Иными словами, на усвоение 100 ккал из белка организм затрачивает 20–30 ккал. Для углеводов этот показатель составляет 5–10%, тогда как для жиров - лишь 0–3% [3, 5].

Отказ от термина «рабочий обмен» в пользу современной терминологии обусловлен рядом причин. Во-первых, слово «рабочий» могло неверно трактоваться и подразумевать любую физическую деятельность, а не конкретно затраты на переваривание. Во-вторых, международное научное сообщество приняло единые стандарты, используя термины «термический эффект пищи» (TEF) или «специфически-динамическое действие пищи» [6, 7].

Кроме того, современные исследования позволили точно измерить и дифференцировать энергозатраты для каждого нутриента, что уже не укладывалось в общее понятие «рабочей прибавки» [4].

Таким образом, в классических трудах отечественных физиологов термин «рабочий обмен» обозначал увеличение энергозатрат организма после приема пищи [4]. В современной доказательной диетологии это понятие полностью эквивалентно термическому эффекту пищи - количеству энергии, затрачиваемой на переваривание, всасывание и усвоение нутриентов [1, 3]. Наибольшим ТЭП обладают белки (20–30%), что имеет важное практическое значение, в частности, при составлении рационов для снижения массы тела [5].

Энергетический баланс организма представляет собой соотношение между количеством энергии, поступающей с пищей, и энергией, которую организм расходует на все виды жизнедеятельности [1, 3]. Проще говоря, это уравнение выглядит так: энергетический баланс равен разнице между энергией, полученной из пищи, и энергией, затраченной организмом. В зависимости от того, какая из сторон перевешивает, выделяют три возможных состояния [5].

Если энергии поступает больше, чем тратится, говорят о положительном энергетическом балансе. Избыток энергии в

таком случае откладывается про запас - преимущественно в виде жировой ткани и, в меньшей степени, гликогена - что со временем приводит к увеличению массы тела. Когда же поступление энергии оказывается ниже её расхода, формируется отрицательный энергетический баланс. Чтобы восполнить дефицит, организм начинает использовать внутренние резервы: сначала запасы гликогена, затем жиры и, к сожалению, белки мышечной ткани, что в итоге ведёт к снижению веса. Наконец, при сбалансированном, или нулевом, балансе поступление энергии примерно равно затратам, и вес тела остаётся стабильным [2, 3].

Сторона поступления энергии в этом уравнении - это общая калорийность рациона, которая складывается из энергетической ценности основных нутриентов: углеводов и белков (примерно по 4 ккал/г), жиров (9 ккал/г) и алкоголя (7 ккал/г). Расходная часть состоит из трёх ключевых компонентов. Основной обмен - это энергия, необходимая для поддержания жизни в состоянии покоя; он занимает самую большую долю, от 60 до 75 процентов. Около 15–30 процентов приходится на физическую активность, то есть на любую мышечную работу. И ещё 5–10 процентов составляет термический эффект пищи — энергия, которую организм тратит на переваривание и усвоение еды [1, 5].

Регуляция энергетического баланса устроена сложно и контролируется гормональными и нервными механизмами, ключевая роль в которых принадлежит центрам гипоталамуса

[5]. Одни гормоны способствуют снижению аппетита и, следовательно, отрицательному балансу: например, лептин, вырабатываемый жировой тканью и сигнализирующий мозгу о достатке энергии; инсулин, поступающий из поджелудочной железы; а также пептид YY и глюкагоноподобный пептид 1, которые синтезируются в кишечнике после еды. Другие гормоны, напротив, повышают аппетит и могут приводить к положительному балансу. Среди них главный — грелин, «гормон голода», который вырабатывается в желудке, а также нейропептид Y, образующийся в самом гипоталамусе [3].

Для врача понимание энергетического баланса имеет прямое клиническое значение. Хронический положительный баланс лежит в основе ожирения, и лечение этого состояния направлено на его коррекцию [1, 8]. Напротив, хронический отрицательный баланс ведёт к кахексии - истощению, которое часто сопровождает онкологические заболевания, сердечную недостаточность и другие тяжёлые патологии [3, 8]. На принципах энергетического баланса строится и диетотерапия: для снижения веса создаётся контролируемый дефицит в 500–600 ккал в сутки относительно текущих энерготрат, для набора массы - профицит в 300–500 ккал, а для поддержания веса рассчитывается индивидуальная норма калорий, которой необходимо придерживаться [2, 3].

Таким образом, энергетический баланс - это фундаментальный физиологический принцип, который определяет стабильность массы тела. Его положительное или отрицательное значение напрямую отражает соотношение между калорийностью рациона и общими суточными затратами энергии. Управление этим балансом через диету и физическую активность служит основой профилактики и лечения как ожирения, так и нутритивной недостаточности [1, 3, 8].

Определение энергозатрат по праву считается краеугольным камнем клинической диетологии, поскольку именно оно позволяет персонализировать подход к питанию [1, 3]. Все существующие методы исследования можно разделить на две большие группы: прямые, которые основаны на непосредственном измерении тепла, выделяемого организмом, и непрямые, где оцениваются промежуточные продукты обмена веществ [5].

Среди прямых методов ключевое место занимает **прямая калориметрия**, фиксирующая тепловую энергию тела [3]. Непрямые методы исследуют так называемые «следы» метаболизма – например, объем потребляемого кислорода или выделяемого углекислого газа при **непрямой калориметрии**, а также выведение особых изотопных меток, что реализовано в методике воды с двойной меткой, позволяющей измерить общий суточный расход энергии в естественных условиях [1, 3].

По способу оценки эти подходы делятся на лабораторные, инструментальные и расчет-

ные [3]. Лабораторные методы отличаются высокой точностью и включают прямую и непрямую калориметрию, а также изотопную диагностику [1]. Инструментальные методы представлены стационарными и портативными метаболографами, биоимпедансным анализом для оценки состава тела и расчета основного обмена, а также двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией (DXA) [3]. Расчетные методы – это прежде всего различные формулы, такие как Харриса-Бенедикта, Миффлина-Сан Жеора или Кэтча-Макардла, а также данные умных устройств: фитнес-трекеров и смарт-часов [2, 3].

В зависимости от того, какой именно аспект энерготрат оценивается, методы разделяют на исследующие основной обмен и общие суточные энерготраты [3]. Для определения основного обмена (BMR или RMR) применяют непрямую калориметрию в состоянии покоя, расчет по формулам или биоимпедансный анализ [2, 5]. Общие суточные энерготраты (TDEE) вычисляют с помощью метода воды с двойной меткой, формул с поправкой на коэффициент физической активности, а также с использованием фитнес-трекеров [3].

Существует несколько основных методов оценки энерготрат организма, каждый из которых имеет свои особенности, сферы применения и степень точности.

Самый первый и эталонный подход – это прямая калориметрия. Её суть заключается в прямом измерении количества тепла, которое выделяет тело человека. Для этого его помещают в специальную изолированную камеру, напоминающую аквариум, где с высочайшей точностью фиксируется теплопродукция. Это самый прямой и точный метод, настоящий «золотой стандарт» с точки зрения физиологии, однако он чрезвычайно дорог, сложен в организации и абсолютно неприменим в рутинной клинической практике, оставаясь исключительно инструментом научных исследований [3].

Гораздо более распространена непрямая калориметрия, которая позволяет рассчитать энерготраты косвенным путем – через анализ газообмена. Специальный прибор – метаболограф – измеряет объемы потребленного кислорода и выделенного углекислого газа. В основе метода лежит принцип: для окисления разных нутриентов (жиров, белков и углеводов) требуется разное количество кислорода и образуется разное количество углекислого газа. На основе этих данных с помощью уравнения Вейра вычисляют точный расход энергии в состоянии покоя [1, 3]. Метаболографы бывают двух типов. Стационарные представляют собой громоздкие аппараты, под прозрачным колпаком которых находится пациент; это научный «золотой стандарт» среди непрямых методов. В клинической практике, например в реанимации или спортивной медицине, чаще используют портативные метаболографы: че-

ловек дышит через специальную маску в течение 20–40 минут, а прибор фиксирует параметры дыхания, что позволяет получить максимально точные данные в реальных клинических условиях [3].

Особняком стоит **водородная изотопная методика**, известная также как метод «воды с двойной меткой». Это единственный способ измерить общие суточные энерготраты в условиях абсолютно свободной жизни, вне лаборатории. Человек выпивает стакан воды, обогащенной безопасными нерадиоактивными изотопами – дейтерием (^2H) и кислородом-18 (^{18}O). В течение одной-двух недель эти метки естественным образом выводятся с мочой и выдыхаемым воздухом, а анализ скорости их выведения позволяет с чрезвычайной точностью рассчитать истинный расход энергии за сутки. Этот метод считается «золотым стандартом» для полевых научных исследований благодаря своей точности, однако он очень дорог, требует сложного аналитического оборудования и длительного времени наблюдения [1, 3].

Двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (ДРА, или DXA) позволяет предельно точно определить состав тела: безжировую массу, количество жировой ткани и минеральную плотность костей. Связь этого метода с энергетическим обменом прямая: главный «сжигатель» калорий в состоянии

покоя – это мышцы, то есть безжировая масса. Зная её точный объём, можно с помощью специальных формул с высокой достоверностью рассчитать основной обмен пациента. Именно безжировая масса (FFM) выступает ключевым детерминантом расхода энергии в покое, и уравнения, использующие этот показатель, дают наиболее точную оценку [3, 8].

Биоимпедансный анализ (БИА) – это уже своего рода «умные весы» для клинической практики: быстрый, неинвазивный и доступный метод оценки состава тела, основанный на измерении электрического сопротивления тканей [1, 3]. Через тело пропускают очень слабый, абсолютно безопасный ток, чтобы определить количество жидкости, мышечной и жировой ткани. Жидкие среды – кровь, мышцы – благодаря высокому содержанию воды и электролитов прекрасно проводят ток, тогда как жировая и костная ткани оказывают ему значительное сопротивление. Аппарат анализирует скорость прохождения сигнала и по специальным алгоритмам вычисляет компонентный состав тела [3, 5].

БИА показывает безжировую массу (все ткани, кроме жира: мышцы, органы, кости, вода), жировую массу, процент жира как ключевой показатель для оценки рисков и нормы, а также активную клеточную массу – метаболически активные ткани (мышцы, органы). Кроме того, метод определяет общее количество жидкости с разделением на внеклеточную и внутриклеточную фракции и даёт расчётный

показатель скорости основного обмена – расхода энергии в покое [3].

Для врача-диетолога эти данные открывают новые возможности. Прежде всего, это точный расчёт энерготрат: безжировая масса служит главным «двигателем» метаболизма, и, зная её реальный объём, можно определить индивидуальные потребности пациента в энергии, не полагаясь на усреднённые формулы [3]. Метод незаменим для диагностики нарушений питания: он позволяет выявить саркопению у пожилых или онкологических больных, обнаружить скрытые отёки (избыток внеклеточной жидкости) и оценить эффективность нутритивной поддержки [1, 8]. Важна и мотивационная роль: когда пациент видит в динамике не просто изменение веса, а уменьшение процента жира и рост мышечной массы, это значительно повышает приверженность лечению. Обычные весы могут вводить в заблуждение, тогда как биоимпеданс показывает истинные сдвиги. Наконец, БИА обеспечивает индивидуальный подход: два человека с одинаковым весом и ростом могут иметь совершенно разный состав тела, и только этот метод позволяет понять, кому необходимо снижать жировую массу, а кому – наращивать мышечную [3].

Разумеется, у метода есть ограничения. Точность результата напрямую зависит от качества прибора и соблюдения

правил проведения исследования – уровня гидратации, физической активности и приёма пищи перед процедурой. Возможны погрешности при выраженных отёках, беременности, у спортсменов [1, 3]. Биоимпедансный анализ не заменяет DXA или непрямую калориметрию, но при этом остаётся идеальным инструментом для скрининга и динамического наблюдения [8].

Таким образом, биоимпедансный анализ – это не просто «умные весы», а полноценный клинический инструмент, который переводит диетологию из области предположений в область точных измерений состава тела.

Расчет энерготрат может проводиться с помощью готовых математических формул, в которые подставляются антропометрические данные пациента: вес, рост, возраст и пол [1, 3, 5]. Наиболее популярные из них используются для оценки основного обмена (BMR или RMR), который затем умножается на коэффициент физической активности (PAL) [2]. Среди таких формул выделяют несколько. Классический метод Харриса - Бенедикта, однако он часто завышает реальные показатели [1, 3]. Более современной и точной для большинства людей считается формула Миффлина – Сан Жеора [5]. Для мужчин она выглядит следующим образом: $RMR = 10 \times \text{вес (кг)} + 6,25 \times \text{рост (см)} - 5 \times \text{возраст (г)} + 5$. Для женщин: $RMR = 10 \times \text{вес (кг)} + 6,25 \times \text{рост (см)} - 5 \times \text{возраст (г)} - 161$. В случае, если известен процент жира в организме, наиболее точные результаты дает формула Кэтча – МакАрдила [3].

Последовательность расчета суточных энергозатрат включает два этапа. Сначала вычисляется величина основного обмена по одной из приведенных формул, затем полученное значение умножается на коэффициент физической активности (PAL) [1, 2]. Для сидячего образа жизни применяется коэффициент 1,2; при легкой активности (1–3 дня в неделю) - 1,375; при умеренной (3–5 дней в неделю) - 1,55; при высокой (6–7 дней в неделю) - 1,725; а при очень высокой активности в сочетании с физическим трудом - 1,9 [2]. Таким образом, суточные энергозатраты (TDEE) рассчитываются как $RMR \times PAL$.

Альтернативным методом оценки являются **трекеры активности и смарт-часы** [13]. Эти устройства используют встроенные акселерометры и данные о пользователе (возраст, пол, рост, вес) для определения суточных энергозатрат. Их главные преимущества - удобство, хорошая мотивация и наглядная динамика изменений. Однако следует учитывать и недостатки: высокая погрешность, особенно при силовых нагрузках, плавании или у людей с ожирением [8]. В связи с этим такие устройства больше подходят для отслеживания динамики, чем для точных клинических расчетов [13].

Сводная информация по методам определения энергозатрат представлена в табл. 3.

Таблица 3. Сводная таблица методов

Метод	Что измеряет	Точность	Применение в клинике
Прямая калориметрия	Теплоотдачу	Эталонная	Нет (только наука)
Непрямая калориметрия	REE, TDEE	Очень высокая	Да, «золотой стандарт» (особенно в интенсивной терапии, нутритивной поддержке)
Вода с двойной меткой	TDEE	Очень высокая	Ограничено (дорогие исследования)
Биоимпедансометрия	Процент жировой массы; Количество безжировой (активной) массы; Количество общей и внеклеточной жидкости; Рассчитывает потенциальный метаболизм на основе состава тела, используя статистические модели	Высокая	Широко используется
Расчет по формулам	BMR/RMR (расчет)	Средняя	Основной метод в поликлинике и диетологии
Фитнес-трекеры	TDEE (оценка)	Низкая/Средняя	Для мониторинга общей активности, не для точных расчетов

Клиническое значение различных методов определения энергозатрат определяется клинической ситуацией [1, 3]. В амбулаторной практике для здоровых людей достаточно расчета по формулам, например Миффлина – Сан Жеора, с последующей коррекцией на основе динамики массы тела [5]. У критических больных – в отделениях реанимации и интенсивной терапии, при ожогах, сепсисе – приоритетное значение приобретает непрямая калориметрия, позволяющая точно назначить нутритивную поддержку и избежать как перекорма, так и недокорма [3, 8]. В случаях ожирения или саркопении оптимальным подходом становится комбинация методов: двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA) для оценки состава тела и непрямая калориметрия для измерения реального уровня основного обмена (REE) [3, 10]. Таким образом, современная диетология располагает широким спектром подходов к определению энергозатрат – от высокоточных инструментальных (непрямая калориметрия) до доступных расчетных формул, а выбор конкретного метода зависит от клинического контекста [1, 3, 5].

Нормы потребления макронутриентов, принятые в Российской Федерации и рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения, в целом согласо-

ваны друг с другом, однако между ними существуют определенные различия, касающиеся деталей и методологических подходов [2, 12].

Сравнительные данные по этим нормам представлены в табл. 4.

Ключевые методологические различия между подходами ВОЗ и Российской Федерации касаются прежде всего принципов назначения норм, учета физической активности и источников нормативной базы. ВОЗ предлагает более универсальные и гибкие рекомендации, выраженные в процентах от калорийности или граммах на килограмм массы тела, что позволяет легко адаптировать их под индивидуальные особенности человека. В противоположность этому российские нормы устанавливают фиксированные диапазоны в граммах в сутки, дифференцированные для различных половозрастных и профессиональных групп, что отражает более директивный и нормативный подход.

Различается и способ учета уровня физической активности. В российских Методических рекомендациях МР 2.3.1.0253-21 выделяется пять уровней физиологической потребности в энергии и нутриентах - от сидячего образа жизни до особо высокой физической активности, для каждого из которых предусмотрены собственные нормы. ВОЗ же чаще формулирует общие принципы, предполагающие последующую индивидуализацию с учетом реальной нагрузки человека.

Таблица 4. Сравнительная таблица: нормы макронутриентов (РФ vs ВОЗ)

Макронутриент	Рекомендации ВОЗ (для взрослых)	Нормы РФ (МР 2.3.1.0253-21)	Ключевые различия и комментарии
Белки	0,83 г/кг нормальной массы тела в день (для здорового взрослого).	от 75 до 114 г/сут для мужчин и от 60 до 90 г/сут для женщин (в зависимости от уровня физической активности).	<ul style="list-style-type: none"> Подход: ВОЗ дает универсальную величину на кг, РФ – диапазон в граммах в сутки. Величина: нормы РФ чуть выше, особенно для активных групп.
Жиры	15-30% от суточной калорийности рациона.	от 72 до 127 г/сут для мужчин и от 57 до 100 г/сут для женщин (в зависимости от уровня физической активности). В среднем: 25-30% от калорийности.	<ul style="list-style-type: none"> Схожесть: процентные рекомендации практически идентичны. Детализация: В РФ нормы также переводятся в граммы.
Насыщенные жиры	<10% от общей калорийности. Желательно <5% для дополнительного снижения риска ССЗ.	<10% от калорийности рациона.	Полное согласование.
Трансжиры	<1% от общей калорийности.	<1% от общей калорийности.	Полное согласование.
Углеводы	55-75% от суточной калорийности. Свободные сахара: <10%, желательно <5%	от 301 до 551 г/сутки для мужчин и от 238 до 435 г/сутки для женщин; 56-58% от энергетической суточной потребности; добавленные сахара: <10%	<ul style="list-style-type: none"> Общее количество: Процент ВОЗ немного шире. Сахар: Рекомендации по добавленным сахарам полностью согласованы.
Пищевые волокна	>25 г/сут (для взрослых).	20-25 г/сут.	Нормы РФ находятся на нижней границе рекомендаций ВОЗ.

Кроме того, различаются сами источники нормативных документов: если ВОЗ выпускает руководства и рекомендации, такие как Guideline: Sugars intake for adults and children, то в Российской

Федерации основополагающим актом выступают Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

Обзоры литературы Е.В. Неврычева

Нутрициология и клиническая диетология (Часть 2. Энергетический обмен, ...

для различных групп населения Российской Федерации» [2, 12].

Что касается выводов для клинической практики, то по ключевым позициям - ограничению насыщенных жиров, трансжиров и добавленных сахаров - между российскими нормами и рекомендациями ВОЗ наблюдается полная согласованность. В практической работе с пациентом удобнее использовать подход ВОЗ, основанный на расчете на килограмм веса и процентах от калорийности, поскольку он позволяет обеспечить более высокую степень персонализации. В то же время для планирования питания на популяционном уровне, оценки рационов и разработки стандартов применяются нормы Российской Федерации. Важно отметить, что современные российские рекомендации демонстрируют устойчивую тенденцию к сближению с международными подходами, что особенно заметно на примере ужесточения норм в отношении добавленных сахаров и трансизомеров жирных кислот. Таким образом, врач может уверенно опираться на российские нормы, поскольку они базируются на международной доказательной базе и одновременно учитывают национальные особенности [2, 12].

В основе работы врача-диетолога лежит четкий, пошаговый алгоритм, который позволяет перейти от общих рекомендаций к персонализированной тера-

пии [1, 3, 5]. Первым делом необходимо оценить нутритивный статус пациента, опираясь на анамнез, антропометрию и лабораторные данные. Затем рассчитываются фактические энерготраты, для чего удобно использовать формулу Миффлина-Сан Жеора с поправкой на коэффициент физической активности (PAL) [3]. Третий этап - определение целей вмешательства: снижение, набор или поддержание массы тела, а также коррекция выявленных метаболических нарушений. После этого разрабатывается структура рациона с распределением белков, жиров и углеводов (в процентах от калорийности или граммах на килограмм массы тела), причем особое внимание уделяется качеству продуктов — достаточному количеству клетчатки, цельнозерновым продуктам, а также ограничению сахара и трансжиров. Завершает алгоритм назначение диетотерапии и обучение пациента навыкам самоконтроля [1, 3, 5].

Высокую диагностическую ценность в этом процессе имеет биоимпедансный анализ состава тела [1, 3]. Например, у пациента с ожирением этот метод часто выявляет высокий процент жировой массы на фоне низкой мышечной, что диктует необходимость назначения высокобелковой диеты и силовых тренировок. У пожилого человека нормальный вес может скрывать саркопению - тогда требуется срочная коррекция питания с увеличением белка до 1,5 г/кг. У спортсменов же биоимпеданс позволяет точно контролировать соот-

ношение мышечной и жировой ткани в зависимости от периода подготовки.

Особенно наглядно эффективность такого подхода демонстрируют клинические примеры. Так, у пациентки 42 лет с ожирением II степени (ИМТ 35 кг/м²), артериальной гипертензией и инсулинорезистентностью отмечались усталость, сонливость после еды и трудности со снижением веса на фоне стандартных гипокалорийных диет. При обследовании выявлены высокий индекс НОМА-IR (4,2), дислипидемия, а по данным биоимпеданса — снижение безжировой массы. Генетическое тестирование обнаружило полиморфизмы FTO (rs9939609 AA), указывающие на склонность к накоплению жира при избытке углеводов, и вариант CYP1A2 (CC), соответствующий медленному метаболизму кофеина [10]. Учитывая генетическую предрасположенность к гиперфагии и сниженную переносимость кофеина, был разработан следующий план: гипокалорийная диета с дефицитом 500 ккал/сут, рассчитанным по формуле Миффлина-Сан Жеора, умеренно низкоуглеводный рацион с приоритетом белка (1,3–1,5 г/кг) и полиненасыщенных жирных кислот, полный отказ от кофеинсодержащих напитков, обогащение рациона клетчаткой и пробиотиками, а также использование фитнес-трекера для контроля активности [13]. Такой подход, объединяющий

генетические данные и анализ микробиоты, значительно повышает эффективность снижения массы тела и устойчивость достигнутого результата [10, 14].

Другой показательный случай - нутритивная поддержка пациента 65 лет с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) III стадии. У мужчины диагностированы белково-энергетическая недостаточность (ИМТ 18,2 кг/м²) и саркопения на фоне потери 7 кг за четыре месяца, слабости и снижения толерантности к нагрузке. Лабораторно подтверждены гипоальбуминемия и снижение преальбумина, а непрямая калориметрия показала расход энергии 2100 ккал/сут. Биоимпеданс зафиксировал выраженное снижение безжировой массы, а микробиомный анализ — дефицит *Bifidobacterium* и *Faecalibacterium prausnitzii* [14]. Исходя из этого, была выбрана стратегия создания положительного энергетического баланса (+400–500 ккал/сут) за счет диеты с повышенным содержанием белка (1,5–1,8 г/кг), где основной вклад в калорийность вносят жиры и сложные углеводы. В комплекс терапии включили функциональные смеси для энтерального питания (с триглицеридами со средней цепью и омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами), а также пробиотики и пребиотики для коррекции микробиоты [8, 9, 11]. Контроль массы тела и состава тела осуществлялся каждые две недели. Этот пример наглядно иллюстрирует, что своевременная нутритивная поддержка при ХОБЛ способна улучшить прогноз, повысить мышечную массу

и переносимость основного лечения, что полностью соответствует актуальным рекомендациям ESPEN (2021) [8].

Заключение

В заключение следует подчеркнуть, что современная клиническая диетология окончательно трансформировалась из области эмпирических рекомендаций в строгую доказательную дисциплину, фундаментом которой выступает углубленное понимание энергетического обмена. Как показано в представленной работе, именно баланс между поступлением и расходом энергии, реализуемый через сложные механизмы основного обмена, физической активности и термического эффекта пищи, лежит в основе регуляции массы тела и нутритивного статуса. Переход от универсальных предписаний к персонализированным стратегиям нутритивной поддержки становится возможным благодаря интеграции высокоточных инструментов оценки - от непрямой калориметрии и биоимпедансного анализа до современных расчетных формул и даже генетического профилирования. Клинические алгоритмы, включающие последовательную оценку нутритивного статуса, определение энерготрат и целенаправленную коррекцию состава рациона с учетом индивидуальных особенностей пациента, демонстрируют свою эффективность в

управлении как ожирением, так и белково-энергетической недостаточностью.

Таким образом, системное усвоение изложенных принципов позволяет практикующему врачу не просто формально назначать диету, но выстраивать патогенетически обоснованную, гибкую и персонализированную стратегию диетотерапии, способную существенно повысить результативность лечения и профилактики алиментарно-зависимых заболеваний.

Список литературы

1. Диетология : руководство / под ред. А. Ю. Барановского. - 5-е изд. - СПб. : Питер, 2017. - 1104 с. : ил. - (Спутник врача).
2. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». - М., 2021.
3. Нутрициология и клиническая диетология : национальное руководство / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. - 2-е изд. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2024. - 1008 с. : ил. - (Национальные руководства). - DOI: 10.33029/9704-6280-5-NKD-2021-1-1008.
4. Уголев А. М. Теория адекватного питания и трофология. - Л. : Наука, 1985.

5. Физиология питания : учеб. пособие для бакалавров / под ред. В. И. Теплова, В. Е. Боряева. - 6-е изд. - М. : Дашков и К°, 2020. - 456 с.
6. Codex Alimentarius Commission. Guidelines for Use of Nutrition and Health Claims. CAC/GL 23-1997 (rev. 2022).
7. Codex Alimentarius Commission. Guidelines for Use of Nutrition and Health Claims (CAC/GL 23-1997, rev. 2022).
8. European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN). ESPEN Practical Guidelines on Clinical Nutrition // Clinical Nutrition. — 2021.
9. FAO/WHO. Guidelines on Probiotics and Functional Foods. — 2021.
10. FAO/WHO. Human Nutrition: Genetics and Health. — Rome : FAO, 2021.
11. World Gastroenterology Organisation (WGO). Global Guidelines: Probiotics and Prebiotics. — 2023.
12. World Health Organization. Global Nutrition Policy Review 2022. - Geneva : WHO, 2022.
13. World Health Organization. Global Strategy on Digital Health 2020–2025. - Geneva : WHO, 2020.
14. World Health Organization; FAO. Human Microbiome and Health. - Geneva : WHO, 2022.