

МОДУЛЬ 1. Биоэнергетика

1.1 Энергии

Для того, чтобы эффективно изучать вопросы спортивного питания и грамотно применять их на практике в клубах, спортзалах и других учреждениях, необходимо иметь знания про метаболизм и биоэнергетику

Любое физическое движение человека в повседневной жизни или в спорте связано с энергией. Термодинамика изучает принципы, ограничивающие обмен энергией. Подобные принципы работают и в биологическом мире. Биоэнергетика это как раз та наука, что изучает механизмы преобразования энергии в процессах жизнедеятельности живых организмов.

Вам нужно знать про энергию в человеческом теле два факта:

- Энергия не создается с нуля, а преобразуется из одной формы в другую.
- И основная часть энергии рассеивается в виде тепла — непригодной для использования форме.

(Brooks et al., 2013).

В этом модуле мы разберём основные концепции, связанные с биоэнергией, метаболизмом и тем, как применять всё это при оценке ежедневной потребности активных людей или спортсменов в энергии.

1.1.1 Метаболизм

Метаболизм или обмен веществ — это все химические реакции в организме, которые поддерживают в нём жизнь. В него входит:

- Катаболизм — процесс метаболического распада, когда из сложного органического вещества образуются более простые. И всё это сопровождается высвобождением большого количества энергии.
- Анаболизм — процесс метаболического синтеза, в котором из более простых молекул создаются сложные органические вещества. Противоположен катаболизму.

Другими словами, метаболизм поддерживает жизненно важные процессы в теле и ни один орган без него работать не сможет. Вот почему эта тема так важна и её стоит



внимательно
(Brooks et al., 2013).

изучить.

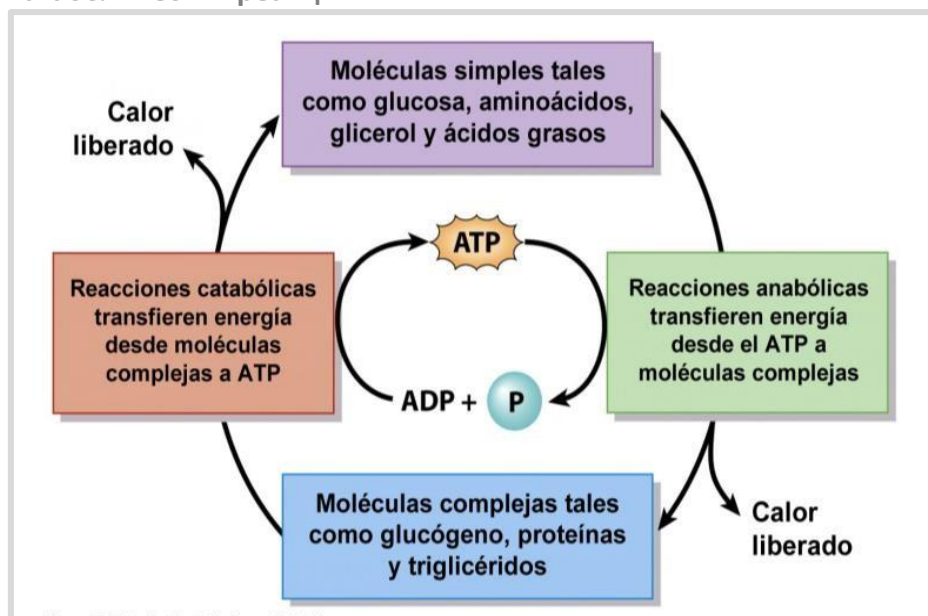
В ходе химических реакций разрушаются или образуются химические связи между веществами. Скорость реакций увеличивают ферменты, реализуя свою каталитическую функцию.

Получается, что метаболизм это непрерывное сохранение энергетического баланса за счёт анаболических и кatabолических реакций. (Тортора Дерриксон, 2008).

Во время анаболических реакций потребляется большое количество энергии, которая поступает в результате высвобождения при катаболизме — два процесса метаболизма органично дополняют друг друга.

Вырабатываемое тепло (в ккал) при всех химических реакциях это скорость обмена веществ, которая показывает темпы его производства. В итоге, все химические реакции зависят от биологических реакций окисления. А вот уже оценка потребления кислорода становится точным методом оценки физической работоспособности (скорости производства тепла/скорости обмена веществ).(Brooks et al., 2013).

Рисунок 1: Функция аденозинтрифосфата (АТФ) при подключении анаболических и кatabолических реакций



Источник: Тортора и Дерриксон, 2008, стр. 507.

Calor liberado	Выделенное тепло
Reacciones catabólicas transfieren energía desde moléculas complejas a atp	Кatabолические реакции передают энергию от сложных молекул к АТФ
Moléculas complejas tales como glucógeno, proteínas y triglicéridos	Сложные молекулы, такие как гликоген, белки и триглицериды

Reacciones anabólicas transfieren energía desde ATP a moléculas complejas	Анаболические реакции передают энергию от АТФ сложным молекулам
Moléculas simples tales como glucosa, aminoácidos, glicerol y ácidos grasos	Простые молекулы, такие как глюкоза, аминокислоты, глицерин и жирные кислоты.

Перед погружением в другие аспекты биоэнергетики стоит остановиться на этих терминах: (Brooks et al., 2013):

- Энергия: способность выполнять работу.
- Работа: мера силы, действующей на определённом расстоянии. Это механическое определение. В клетках чаще выполняется биологическая работа (химическая или электрическая), чем механическая. Тем не менее, можно изменять и преобразовывать энергию из одной формы в другую.
- Сила: производительность труда.
- Система: Функционально организованное подразделение. Системы могут варьироваться от микроскопического уровня (митохондрии) до уровня всего организма.
- Оборот: В организме энергетические молекулы постоянно истощаются и заменяются. Оборот относится к коэффициенту замещения, в котором стабильное метаболическое состояние выражается как коэффициент использования, эквивалентный коэффициенту замещения.

1.1.2 Производство механической энергии и энергетических систем

История термодинамики начинается с XX века, когда начали изучать энергию и принципы, регулирующие обмен. В наше время предпочтительнее называть её энергетикой. Всего существует 6 основных видов энергии: тепловая, химическая, механическая, электрическая, атомная.

Механические машины преобразуют энергию в тепло и наоборот. А биологические машины не могут преобразовывать тепло в другой тип энергии. В их системах тепло является важным, но бесполезным компонентом реакций, так сказать, побочным. (Brooks et al., 2013).

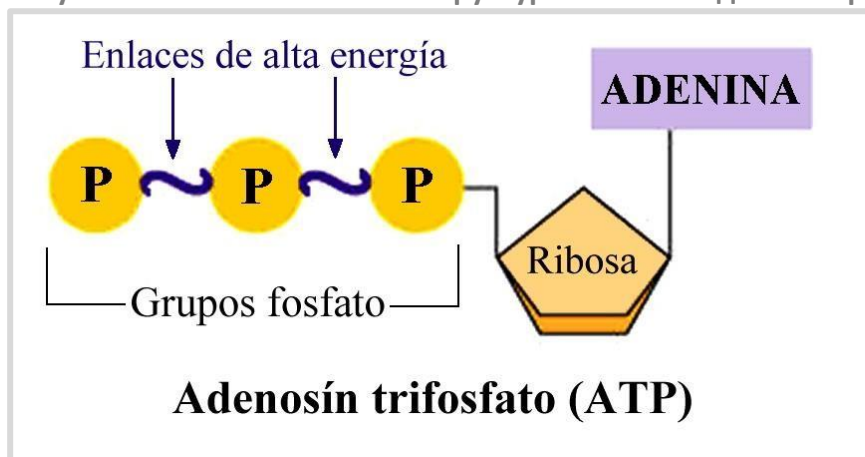
Механизмы преобразования энергии есть во всех клетках. Они нуждаются в веществе-аккумуляторе, которое может принимать освобождающуюся энергию в одних реакциях и отдавать её в противоположных. В клетках человеческого организма это почти всегда АТФ. Его даже называют общим энергетическим посредником. (Brooks et al., 2013).

АТФ (аденозинтрифосфат) это нуклеотид, состоящий из аденина (азотное основание), рибозы (сахара) и трёх остатков фосфорной кислоты (фосфатов). Разрыв связи с последними даёт в 4 раза больше энергии, чем при разрыве остальных связей. Если АТФ



взаимодействует с водой, то это реакция гидролиза. В ходе неё АТФ распадается на АДФ (аденозинфосфат) и остаток фосфорной кислоты, плюс высвобождается энергия.

Рисунок 2: Структура аденозинтрифосфата (АТФ)



Источник: «Изображение, озаглавленное на аденозинтрифосфате». (s.f.). Восстановлено после <http://goo.gl/xAK69Z>

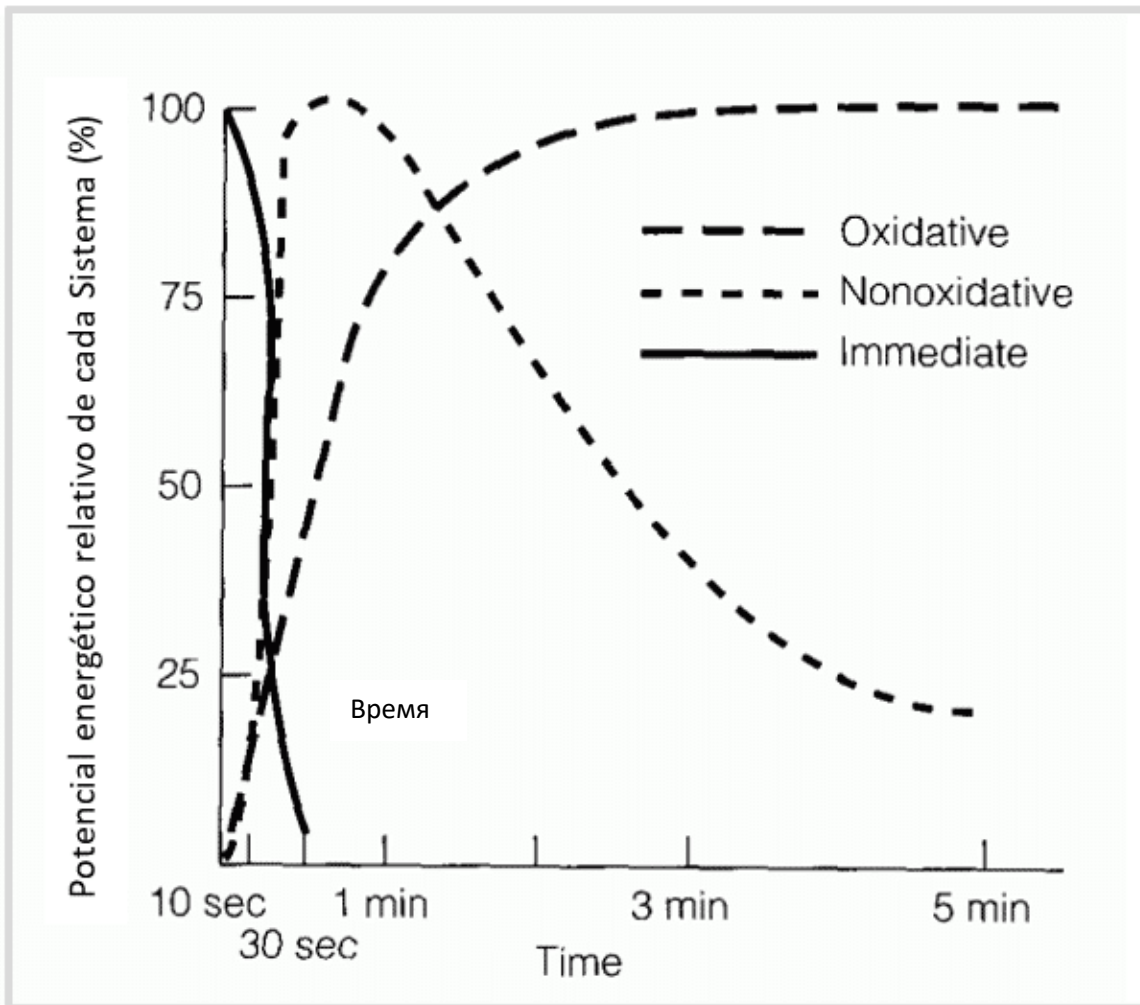
Enlaces de alta energía	Высокая энергия связи
Grupo fosfato	Фосфатная группа
Ribosa	Рибоза
Adenina	Аденин
Adenosin trifosfato (ATP)	Аденозинтрифосфат (АТФ)

Из всего вышенаписанного следует, что АТФ можно расценивать в качестве общего химического посредника для обеспечения энергии для клеточной работы, включая мышечную ткань. Но надо помнить, что концентрация АТФ в миоцитах низкая. Подсчитали, что это количество может дать максимальную интенсивность мышечной работы всего в течение 2 секунд (Платонов, 2001). Несмотря на это, клетки готовы держать концентрацию клеток АТФ относительно постоянной, с различными темпами использования (оборотные ставки) — это называют гомеостазом АТФ. (Brooks et al., 2013).

Что касается мышечной ткани, она имеет три источника энергии (системы производства энергии), которые поддерживают гомеостаз АТФ: немедленный, неокислительный, окислительный. (См. рисунок 3) (Брукс и др., 2013).

Рисунок 3: Мышечные энергетические системы в зависимости от продолжительности усилий. Схематическое представление о том, как долго каждая система может длиться в максимальном упражнении





Источник: Брукс, Фейхи и Болдуин, 2013, стр. 48.

Potencial energético relativo de cada Sistema (%)	Относительный энергетический потенциал каждой системы (%)
min	мин
sec	сек
time	Время
oxidative	Окислитель
nonoxidative	Неокислительный
immediate	Немедленный

Непосредственные источники энергии

Непосредственные источники энергии в мышцах состоят из трех компонентов.



Первый — резерв АТФ. Химическая реакция, приводящая к разложению АТФ, катализируется ферментом АТФ-аза и может быть показана так:



Второй источник клеточной энергии — фосфокреатин (РСг). Он обеспечивает энергетический резерв фосфата для регенерации АТФ, который активно используется при сокращении мышц. Всё взаимодействие между АДФ, фосфокреатином и деградированным АТФ катализируется ферментом креатинкиназой. Это выглядит так:



Третий источник энергии включает в себя фермент аденилаткиназу. Интересно, что в мышечной ткани его называют миокиназой. И вот какую реакцию он катализирует:



АМФ играет важную роль, когда присутствует в миоците, потому что даёт сигнал для активации механизмов восстановления АДФ в АТФ. (Brooks et al., 2013).

Дуэт АТФ с фосфокреатином часто называют фосфатгенами. Они являются важным запасом энергии, так как они сразу доступны. Но, к сожалению, не могут поддерживать свою работу долго, а только в течение нескольких секунд (5-15 секунд). Плюс нуждаются в помощи других источников энергии. (Brooks et al., 2013).

Неокислительные источники энергии (глюколитики)

В этой энергетической системе в роли топлива играют глюкоза и гликоген. Химические реакции, в которых эти два вещества расщепляются на более простые, называют гликолизом и гликогенолизом, соответственно.

La glucólisis podría ser resumida en la siguiente ecuación (Brooks et al., 2013):



Из неокислительных источников получается намного больше энергии, чем от непосредственных источников. И даже, если объединить два вида источника, то общее количество энергии будет меньше, чем доступная от окислительных источников. Из всего этого следует, что интенсивная мышечная деятельность более 30 секунд не может поддерживаться без помощи окислительного метаболизма (рисунок 3). А ещё, окислительный обмен нужен для восстановления немедленной и некислотной систем после интенсивной нагрузки. (Brooks et al., 2013).



Окислительные источники энергии

Что касается окислительной энергетической системы, то её потенциальные виды топлива включают в себя СНО, жиры и некоторые аминокислоты (АА) (рисунок 4). В то время, как глюкоза может быть использована через гликолитические механизмы (см. уравнение), окислительные реакции позволяют получить больше энергии из молекулы глюкозы:



Всё происходит из-за того, что окислительный метаболизм даёт более полный катаболизм молекулы глюкозы.

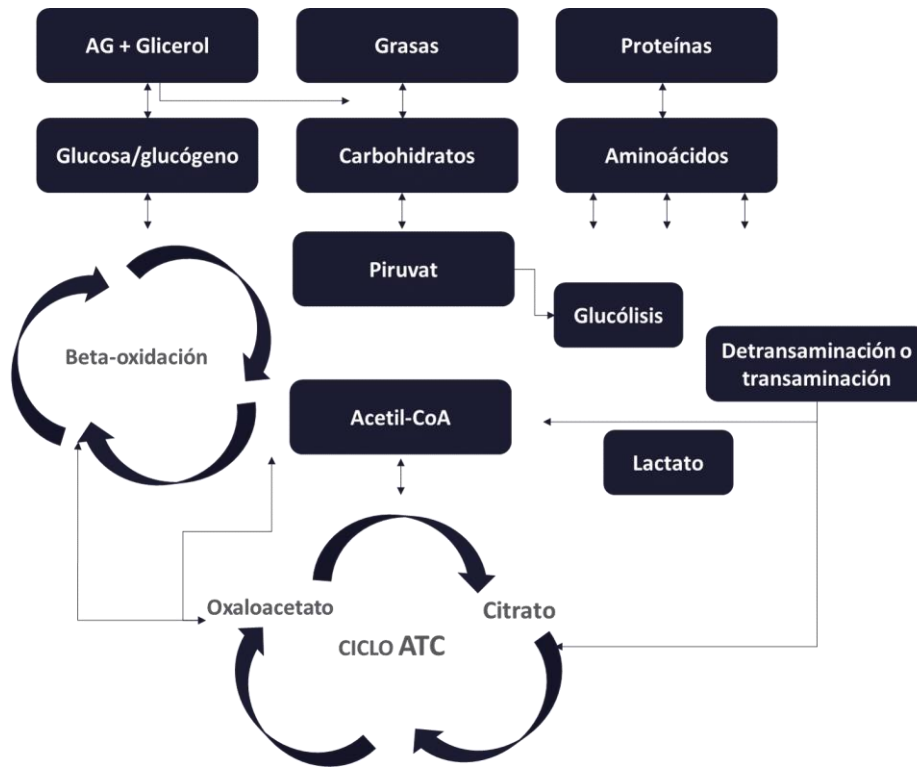
Но при этом, жирные кислоты (ГА), катаболизируемые окислительным метаболизмом, высвобождают гораздо больше энергии, чем глюкоза. К примеру, если молекула пальмитата (средний и довольно распространённый ГА) окисляется, вы получаете:



Что интересно, аминокислоты (АА) так же могут идти по окислительному пути, но для этого нужно, чтобы заранее все остатки с азотом были удалены. Это осуществляется через обмен N_2 с другим соединением (трансаминация), либо через один процесс удаления N_2 (окислительного деаминации). Однако, обычно АА (аминокислоты) не используются для производства энергии в мышцах, только приходится небольшая доля синтезированных АТФ. (Brooks et al., 2013).



Рисунок 4: Основные метаболические пути в окислительной энергетической системе, используя CHO, жиры и белки в качестве топлива



Источник: Адаптировано из Jeukendrup и Глисон, 2004.

Glicerol	Глицерин
Glucosa/glucógeno	Глюкоза / гликоген
Grasas	Жиры
Carbohidratos	Углеводы
Piruvat	Пируват
Proteínas	Протеин
Aminoácidos	Аминокислоты
Glucolisis	Глюколиз
Acetil CoA	Ацетил-КоА
Detransaminación o transaminación	Детрансаминация о трансаминации
Lactato	Лактат
Beta oxidación	Бета-окисление

Oxaloacetato	Оксалацетато
Citrato	Цитрат
Ciclo ATC	Цикл Кребс

1.1.3 Количественная оценка затрат энергии от физической активности

Часто из виду упускается один о том, что термин физической активности (АФ) не является синонимом расхода энергии (GE). АФ это поведение, характеризующееся движением тела и следствием мышечного действия, а в результате возникает СЕ.

Несколько типов или категорий АФ (рисунок 5) иногда пересекаются, потому что всё зависит от цели, с которой выполняется категоризация. Например, быстрая прогулка может быть средством передвижения или частью запланированной программы упражнений. А из-за этого перекрытия подкатегории АФ нам очень сложно измерить их как отдельные категории. (Pettee, Tudor-Locke, и Ainsworth, 2007).

Другая категоризация АФ может основываться на интенсивности её времени, то есть на уровне GE, который соответствует конкретной деятельности. (Ainsworth et al., 1993; Ainsworth et al., 2000; Паштет и др., 1995).

Как правило, АФ рассчитывается на основе его частоты (количества раз в неделю) и продолжительности (например, минут продолжительности каждой сессии). При этом, GE отражает метаболические издержки конкретного АФ и является результатом частоты, продолжительности и интенсивности этой деятельности.

Рисунок 5: Компоненты физической активности



Fuente: Adaptado de Pettee et al., 2007.

Transporte	Транспорт
------------	-----------



Trabajo	Работа
Tiempo libre/ocio	Свободное время / досуг
Deporte competitivo	Соревновательный спорт
Ejercicio	Упражнение
Hogar y familia	Дом и семья
Actividad física	Физическая активность

Другим важным моментом на тему оценки GE деятельности является возможность использовать веса с абсолютным выражением энергоёмкости или стоимости (например, ккал/кг/час) или с относительным (в % от текущей максимальной мощности).

Интересный момент. Несмотря на то, что несколько факторов могут повлиять на GE в относительном масштабе (возраст, вес тела, уровень производительности), при относительно последовательной механической эффективности у людей при развитии работы (23%), абсолютный GE постоянен для данной деятельности.

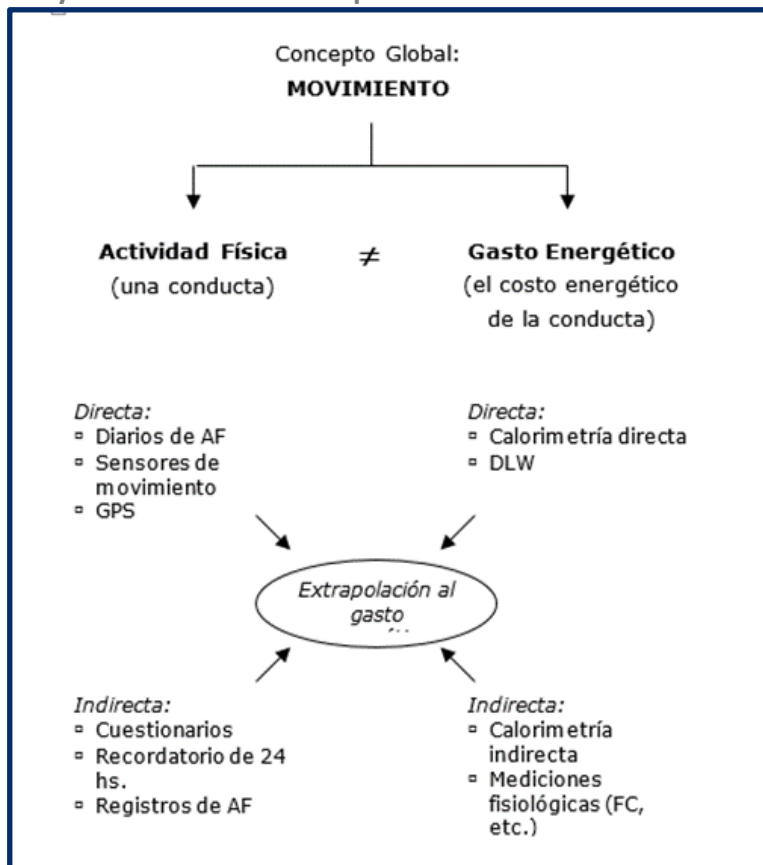
Для понимания оценки АФ и GE было бы полезно иметь концептуальную основу, в которой центральной концепцией интересов является движение. Но при этом, эта концепция могут быть использованы две измеримые переменные: АЕ и GE (рисунок 6). Они обе оцениваются с помощью прямых и косвенных измерений. И всё-таки, это больше вопрос экстраполяции результатов измерений на некоторые единицы измерения GE (ккал или kJ) из-за его связи с потреблением энергии и влиянии на BE.

Подводя итог можно сказать, что данные меры для количественной оценки их АФ и связанных с ними моделей GE необходимы для правильного баланса между потреблением энергии спортсмена и её расходами. Важно адекватно удовлетворять

потребности спортсменов в энергии, так как достаточное потребление энергии имеет огромное значение для поддержания мышечной массы, иммунной и репродуктивной функции, а также оптимальных спортивных результатов (Американский колледж спортивной медицины, 2000 год). Помимо этого, хронический дефицит потребления энергии считается одним из потенциальных причинных факторов перетренированности (Leutholtz и Kreider, 2001).



Рисунок 6: Компоненты физической активности



Источник: Адаптировано от Pettee et al., 2007. Сокращения: GPS: Глобальная система позиционирования; АФ: физическая активность; DLW: двойная отмеченная вода; FC: пульс.

Concepto global	Глобальная концепция
Movimiento	Движение
Actividad física (una conducta)	Физическая активность (поведение)
Gasto energético (el costo energético de la conducta)	Расход энергии (стоимость энергии поведения)
Directa	Прямой
Diarios de AF	Дневник физической активности
Sensores de movimiento	Датчики движения
GPS	Глобальная система позиционирования
Directa	Прямой
Calorimetría directa	Прямая калориметрия
DLW	метод двойной пометки воды
Extrapolación al gasto	Экстраполяция на расходы
Indirecta	Косвенный

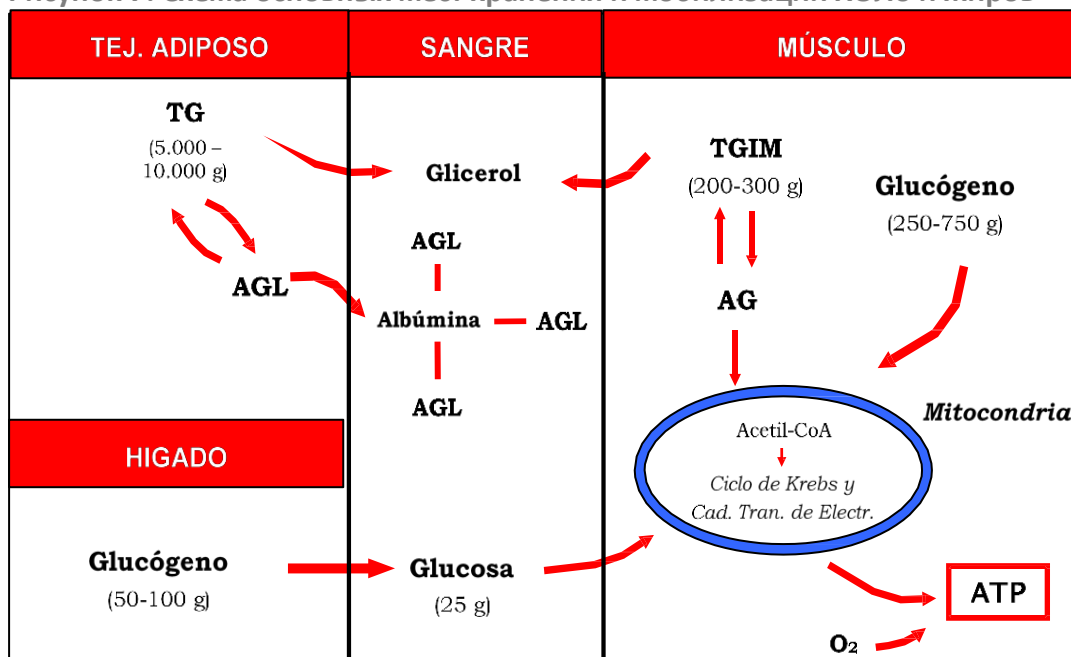
Cuestionarios	Анкеты
Recordatorios de 24 hs	24-часовые напоминания
Registros en AF	Регистры физической активности
Calorimetría indirecta	Косвенная калориметрия
Mediciones fisiológicas(FC, etc.)	Физиологические измерения (ЧСС и др.)

1.1.4 Запасы энергии

Основными субстратами для получения АТФ в нашем теле окислительным путём, кроме интенсивных и коротких усилий, являются углеводы (CHO), жиры и белки. Конечно, белки всегда могут использоваться в качестве топлива, но их основные функции это структурные и регулятивные, поэтому их не считают важными энергетическими субстратами. Вместо них данную работу выполняют углеводы и жиры для скелетной мышцы во время тренировок (рисунок 7). (Койл, 1997).

Триглицериды (ТГ) хранятся в адипоцитах жировой ткани и могут составлять от 5 до 10 кг у мужчин и женщин, при условии, что у них есть 10%-30% жировых отложений. Эти резервные ТГ гидролизуются через липолиз на глицерол и свободные жирные кислоты (AGL). Последние для гидрофобных молекул (например, веществ, которые не имеют сродства к воде) должны связываться с альбумином, который их транспортирует через кровь в скелетные мышцы (рисунок 7).

Рисунок 7: Схема основных мест хранения и мобилизации ХОЛо и жиров



Источник: Адаптировано из Койла, 1997 год. Аббревиатуры: TGIM, внутримышечные триглицериды; AGL, свободные жирные кислоты.

Tejido adiposo	Жировая ткань
Sangre	Кровь
Musculo	Мышцы
Hígado	Печень
Glucógeno	Гликоген
Glicerol	Глицерин
Albumina	Альбумин
Glucosa	Глюкоза
Glucógeno	Гликоген
Mitocondria	Митохондрии
Acetil-Coa	Ацетил-КоА
Ciclo de Krebs y Cad. Tran. de electricidad	Цикл Кребса

Примерно около 200-300 г жиров хранится в виде TG в скелетных мышцах (TGIM), этот запас является важным дополнительным источником энергии для мышц. Скорость, с которой TGIM обеспечивает энергию этой ткани во время физической нагрузки составляет менее 1/3 скорости от таковой при обеспечении мышц энергией от гликогена. Получается, что два основных источника AGL для скелетных мышц во время физических упражнений: из адипоцитов в жировой ткани и AGL от TGIM.

СНОRs хранятся в организме в виде гликогена в виде двух основных резервов: в печени и скелетных мышцах. Этих запасов гликогена достаточно, чтобы покрыть количество СНО, потребляемое организмом в течение 1 дня (Flatt, 1995).

В зависимости от диеты и AF мышечные запасы гликогена в организме могут варьироваться от 250 до 750 г. Однако, его количество, доступное при физических упражнениях, будет зависеть от мышечной массы, активированной во время напряжения (например, мышечный гликоген служит лишь топливом для мышц, где он хранится). А ещё, в среднем в печени около 80 г гликогена (Coyle, 1997), а максимальный запас у взрослого человека — 120 г (Flatt, 1995). Печёночный резерв может быть гидролизован до глюкозы и транспорирован кровью в мышцы для окисления и обеспечения энергией. А из-за того, что высокий уровень окисления СНО нужен для поддержания интенсивных упражнений в течение длительных периодов времени, то человек может истощать свои запасы гликогена и по этой причине испытывать усталость во время физической нагрузки. (Coyle, 1997).



1.2 Потребности спортсмена в энергии

1.2.1 Энергетический баланс

Энергетический баланс (BE) — это взаимосвязь между энергией, получаемой через пищу, и энергией, затраченной в течение дня. Изучается через следующее статическое уравнение. (Ravussin и Swinburn, 1993):

Энергетический баланс = Потребление энергии - Расход энергии

Данное уравнение показывает, что если потребляется энергии больше чем расходуется, то BE положительным и вес тела будет расти, за счёт жировой ткани. И, наоборот, если GE (расход) больше, чем количество поступающей энергии, то BE отрицательный, а масса тела снижается.

Правда в настоящее время предпочтительнее использовать уравнение под названием BE dynamics и рассматривать баланс каждого энергетического субстрата по отдельности. (Ravussin и Swinburn, 1993).

1.2.2 Компоненты энергопотребления

Основными компонентами общих ежедневных расходов энергии (ГЭТ) являются:

- расход энергии на отдых (ГЭРБ),
- термогенез, вызванный пищевыми продуктами (ТИА),
- расход энергии физической активности (ГЭФ) (рисунок 8).

В некоторых случаях присутствует ещё один компонент и его иногда упускают из виду — расход энергии для роста. Такое бывает в случае детей или подростков, которые активно растут, а также у беременных или кормящих женщин, и, наконец, у людей, стремящихся увеличить свою мышечную массу.

Другой момент это GER. Его называют метаболизмом (ПМР) и он является энергией, которая человеку требуется для поддержания нормального функционирования различных систем организма и постоянства температуры тела в состоянии покоя. У малоподвижного взрослого на него приходится 60%-75% ежедневных затрат энергии.

Тесная связь между GER и размером тела уже давно известна. С начала прошлого века GER считалось, что он соответствует конкретному размеру тела. Но уже позже исследования показали, что GER значительно различается — всё зависит от разных моментов. Постная и жировая масса, возраст и пол являются основными факторами, которые определяют GER, объясняя 80% его дисперсии. Это говорит о том, что GER частично определяется генетически (Ravussin и Суинберн, 1993).

Что касается термогенеза, то это увеличение базальной скорости обмена веществ в



ответ на различные стимулы, например, потребление пищи, воздействие холода или тепла, психологический стресс, гормональные препараты и т.д.

А основной формой

термогенеза является ТИА — тепловой эффект диеты (ETD). Он соответствует увеличению ГЭ выше GER, связанной с пищей. Она включает в себя энергетическую стоимость пищеварения, поглощения, транспорта, метаболизма и отложений питательных веществ, что ежедневно составляет примерно 10%. Но значение может варьироваться в зависимости от энергетического содержания пищи, типа потребляемой пищи, состава рациона и степени ожирения испытуемых.

Идём дальше. GEAF называют тепловым эффектом физической активности (ETAFA), являющимся наиболее переменным и единственным, кто способен добровольно контролироваться. Включает в себя все расходы энергии выше GER и TIA. И может представлять собой высокий GE у очень активных людей (у спортсменов с очень требовательными учебными программами может со средней или большей частью их общего GE). Тем не менее у малоподвижных людей GEAF составляет от 15% до 30% ежедневно.

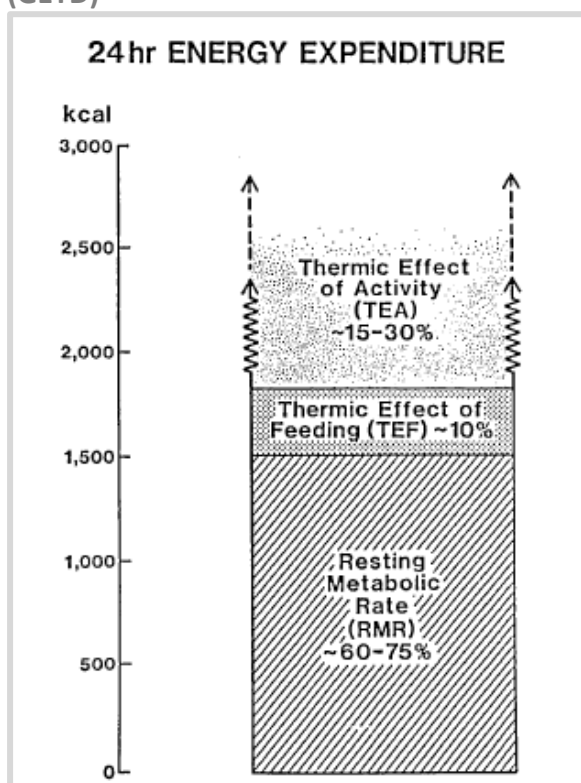
Важно обратить внимание, что GEAF является компонентом общего GE, включающего различные проявления АФ. Есть разные модели классификации для анализа в зависимости от консультируемых авторов. Один из них получил особое внимание в последние годы. Левин считает, что GEAF может быть разделена на два компонента: термогенез от деятельности, связанной с осуществлением (APR) и термогенез от деятельности без упражнений (TANE) (Левин, 2004; Левин, Эберхардт, Дженсен, 1999).

Первый включает в себя все запланированные АФс, связанные со спортивной практикой или фитнесом для здоровья. А TANE является более широким компонентом, включающим все виды повседневной жизни, такие как трудовая деятельность, досуг, танцы, ходьба и т.д. Иначе говоря, в рамках TANE мы будем принимать во внимание все виды деятельности, кроме сна, питания и физкультуры.

Концепция TANE вызвала интерес из-за того, что в современных обществах компонент АТР очень низкий или почти нулевой благодаря сидячему образу жизни или малоподвижности. Например, выполняя нагрузку менее 2 часов в неделю даёт накопление GE около 100 ккал/день или меньше. Помимо этого, второй причины интереса стало предположение, что TANE может помочь объяснить, почему какие-то люди поддерживают свой вес, а другие набирают его с течением времени (Левин и др.).



Рисунок 8: Основные компоненты общих ежедневных затрат энергии (GETD)



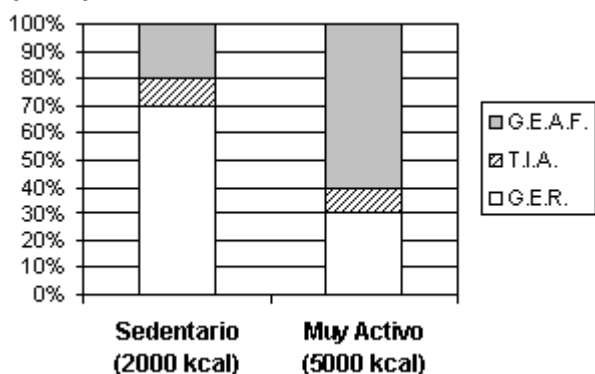
Источник: Полман (1989), стр. 516. Ссылки: TEF, тепловой эффект диеты; ASD, тепловое воздействие физической активности; MPT, базальная скорость обмена веществ.

Energy expenditure	Расход энергии
Thermic effect of activity	Термический эффект деятельности
Thermic effect metabolic rate	тепловой эффект диеты
Resting metabolic rate	Скорость метаболизма в покое

Разделяем ли мы этот способ анализа GEAF? Тут важно то, что при его оценке мы должны принимать во внимание все возможные проявления АФ в повседневной жизни наблюдаемого. Это позволит нам лучше оценить GEDT человека, что имеет важнейшее значение при планировании потребления пищевых продуктов. И этот аспект повседневной жизни субъекта является центральной частью пищевой анамнеза.

Обратите внимание, на рисунке №9 сравнивается GEDT с его различными компонентами у человека с сидячим образом жизни и спортсменом на выносливость в интенсивном периоде обучения. Мы видим, что общая GE в 2,5 раза выше у спортсмена, но на GEAF приходится 60%, а в сидячем образе жизни GEAF — лишь 20%.

Рисунок 9: Сравнение затрат энергии и ее компонентов между человека с сидячим образом жизни и спортсменом на выносливость во время интенсивного периода тренировок



Источник: собственная разработка

Sedentario	Сидячий
Muy activo	Очень активный

1.2.3 Расчет энергопотребления физической активности

Начнём с того, что GE различных видов деятельности человека обычно выражается в зависимости от единицы времени. Наиболее распространенное — ккал / мин, а с учётом размера человека — в ккал/кг веса/мин.

А в последние годы приобрел популярность ещё один способ выражения GE данной физической активности — MET или метаболический эквивалент (Ainsworth et al., 1993; Ainsworth et al., 2000; Серра Грима и Лях Кламе, 1996).

RESTing GE считается как 1 MET, то есть энергией, потребляемой человеком сидя в покое, что приравнивается к 3,5 мл веса тела O₂/kg/min или 1 ккал/кг массы тела/часа (Ainsworth et al., 1993). Выходит, что интенсивность GE или деятельности выражается кратно 1 MET. Получается, что он отражается, как соотношение между скоростью обмена веществ и RESTing GE. Например, деятельность, которая требует 3 METs эквивалентно GE, в 3 раза выше, чем отдых метаболических расходов.

Для того, чтобы оценить GE деятельности в ккал от его значения в METs и в зависимости от веса человека, нужно делать так: вес тела умножается на значение в MET деятельности по своей продолжительности. Например, педалей на 4 METs эквивалентно счет 4 ккал / кг / ч. Человек, который весит 60 кг и педали на этой интенсивности, в течение 40 минут будет тратить около 160 ккал, так как:
 $4 \text{ MET} \times 60 \text{ кг} \times (40 \text{ мин} / 60 \text{ мин}) = 160 \text{ ккал}$

Но при этом, важно иметь в виду, что GE любой деятельности может значительно варьироваться в зависимости не только от размера тела, но и от эффективности движений человека (Mahan s Escott- Stump, 1999).



1.2.4 Оценка суточных потребностей в энергии и доступности энергии

Как вы догадывались, потребность в энергии определяется количеством энергии из пищи, которую человек должен потреблять ежедневно для покрытия их GE и поддержания размера тела, состава и уровня АФ, совместимого с хорошим долгосрочным состоянием здоровья. (Продовольственная и сельскохозяйственная организация, Университет Организации Объединенных Наций, Всемирная организация здравоохранения, 2004).

Есть и альтернативное определение данного понятия из доклада 2005 года Института медицины (2005 год). Там говорится, что оценочная потребность в энергии (REE) это среднее потребление энергии, позволяющее поддерживать энергетический баланс у здорового взрослого человека определённого пола, возраста, веса, размера и уровня физической активности в соответствии с хорошим здоровьем.

Помимо тонких различий между этими двумя определениями, основная идея заключена в том, что это требование энергии определяется некоторыми типичными биологическими характеристиками: возраст, вес, размер и т.д., вместе с их уровнем АФ. Это позволяет поддерживать оптимальное состояние здоровья.

К примеру, для здоровых взрослых это эквивалентно GETD, так как он стремится достичь BE (т.е. REE- GETD). Однако это необязательно относится и к другим ситуациям. Вот в случае лиц, страдающих ожирением, ежедневное потребление энергии должно быть ниже, чем GETD для достижения отрицательного BE и снижения веса тела (REE < GETD). А в случае человека с низким весом (ниже нормы, например, при недоедании) всё наоборот — энергетический вклад должен быть больше для восстановления веса до адекватного уровня (REE > GETD). Это же применяется и у людей, желающих изменить свой состав тела с увеличением своей мышечной массы (REE > GETD).

Что касается спортсменов, то у них всегда более высокие потребности в энергии, чем у ровесников-неспортсменов, из-за увеличения практики АФ, но и здесь есть исключения.

Почему? Всё просто — потребность каждого спортсмена в энергии уникальна и определяется GER, TIA, GEAF, а в некоторых случаях и ростом. При оценке данных параметров нужно учитывать много факторов (См. рисунок 10). Например, таких:

- Индивидуальные биологические характеристики человека, где самые важные это размера тела.
- Требования АФ (например, марафон на плоской местности и в горах это не одно и тоже, для различий вводят дополнительный GE).
- Характеристики тренировки, где важнее всего их интенсивность.
- Уровень АФ вне тренировки.
- Профессиональная деятельность (например, спортсмены с низкой производительностью или любители часто имеют работу, она даёт дополнительный ГЭ — это необходимо учитывать).

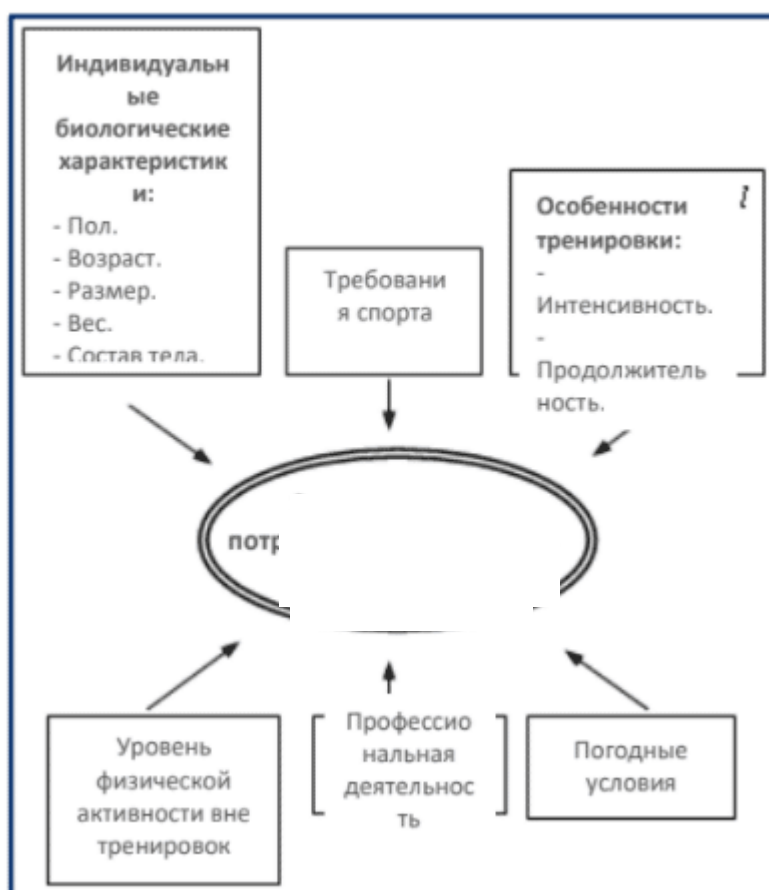
Погодные условия тоже влияют на потребности в энергии.



К сожалению, без сложного оборудования невозможно точно определить потребности спортсмена в энергии, так как два спортсмена с одинаковым эквивалентным возрастом, размером и составом тела, занимающиеся одним видом спорта и тренировками, могут иметь очень разные потребности в энергии.

Но, несмотря на это, есть практичный способ проверять удовлетворены ли потребности в энергии. Это одновременное наблюдение и за потреблением энергии, и за массой тела спортсмена (Reimers, Ruud, Grandjean, 1997). ВЕ проверяется стабильной массой тела, которая подтверждает, что требования по энергии полностью выполнены.

Рисунок 10: Факторы, которые необходимо учитывать для оценки потребности спортсмена в энергии



Источник: собственная разработка.

Рекомендуемая методология для оценки потребности спортсмена в энергии состоит в использовании уравнений прогнозирования GER, к ним добавляется GE из повседневной деятельности, включая обучение (Burke, 2001). А энергетические требования будут варьироваться в зависимости от вида спорта и конкретного человека. Диета и учебные программы должны быть тщательно направлены на изменение конституции, достижение целей производительности и профилактики заболеваний.



Поэтому так важно признать население, рискующее испытать последствия в ущерб отрицательному энергетическому балансу. Например, в последнее время триада спортсменки (расстройства пищевого поведения, нарушения менструальной функции, а ещё плотности субоптимата костной ткани), имела значительную огласку (Loucks 2003; Береза 2005; Билс и Мейер 2007). По этой причине консультации экспертов спортивной медицины, в том числе диетологов, психологов и врачей, имеют важное значение для раннего выявления и контроля за проблемами, связанными с составом тела и питания.

И, для наглядности, ниже мы раскроем некоторые из часто используемых уравнений для оценки GER и REE.

Оценка затрат энергии в покое

Вообще, для оценки GER разработали несколько уравнений. Они были получены из различных групп населения, начиная от возраста, пола, ожирения уровне и АФ. И поэтому рекомендуется использовать уравнение прогнозирования, оно наилучшим образом отражает население или отдельных лиц, с которыми мы работаем.

- **Харрис и Бенедикт (1918):**

Да, это уравнение разрабатывалось почти 100 лет назад (Harris и Benedict, 1918), но до сих пор оно остается наиболее широко используемым в клинической практике при оценке GER.

Мужчины: $66,5 \times (13,75 \times П) - (5 \times Т) - (6,76 \times E)$
женщины: $655,1 \times (9,56 \times P) - (1,85 \times T) - (4,68 \times E)$

Где:

- В — вес, в кг.
- Т — размер, в см.
- E — возраст, в годах.

- Важно иметь в виду, что это уравнение систематически переоценивает GER где-то на 5%. И даже есть исследования, нашедшие ошибку в 10%-15% (Франкенфилд, Роу, Смит, Куни, 2003).

- **Миффлин и др. (1990 год):**

Поскольку она обеспечивает более точную оценку ГЭР в более высоком проценте случаев, как у людей с нормальным весом и ожирением, рекомендуется в качестве предпочтительного уравнения, когда СЕК не может быть непосредственно оценена (Frankenfield, Roth-Yousey, и Compher, 2005; Франкенфилд и др., 2003).

Мужчины: $10 \times 6,25 \times T - 5 \times E + 5$
Женщины: $10 \times P + 6,25 \times T - 5 \times E - 16$



Где:

- В — вес, в кг.
- Т — размер, в см.
- Е — возраст, в годах.

- Всемирная организация здравоохранения, Продовольственная и сельскохозяйственная организация и Университет Организации Объединенных Наций (1985 год):

Другие часто используемые уравнения для оценки GER были предложены в докладе ВНО/FAO/UNU (1985). Их отличие от предыдущих в том, что используется только вес (в кг) для расчета.

Мужчины:

- а) 18-30 лет: $15,3 \times P + 679$
- б) 30-60 лет: $11,6 \times P + 879$
- в) >60 лет: $13,5 \times P + 487$

Женщины:

- а) 18-30 лет: $14,7 \times P + 496$
- б) 30-60 лет: $8,7 \times P + 829$
- в) >60 лет: $10,5 \times P + 596$

Где:

- В — вес, в кг.

- **Каннингем (1980):**

В 1980 году Каннингем подтвердил гипотезу, которую изначально предложил Бенедикт, в которой метаболически активная ткань тела, т.е. мышечная масса (ММ) является лучшим предиктором GER. И уже основываясь на этом выводе, она предложила упрощённое уравнение для прогнозирования GER от ММ:

GER $V \times 500$ и $22 \times MM$ (в кг)

Важно, что при использовании ММ (его ещё называют обезжиренной массой — MLG) учитываются гендерные различия), потому что усреднённо женщины имеют более низкие пропорции ММ и более высокую жировую массу по сравнению с мужчинами.

- **Равусин и Богард (1989):**

Позднее, в 1989 году Равусин и Богардус отметили, что для сравнения энергосбережения в людях разных размеров нужно стандартизировать скорость обмена веществ на основе метаболически активного показателя массы тела.



Но при этом, нельзя точно оценить его — ММ не является идеальным показателем. Однако, он является лучшим предиктором базальной скорости обмена веществ. Основываясь на данных по 249 предметам, Равусин и Богард предложили следующую формулу оценки Гер (Ravussin и Bogardus, 1989):

$$\text{GER} = 392 + 21,8 \times \text{MLG (en kg)}$$

Это уравнение дает более низкие результаты, чем уравнение Каннингема (1980), и очень похоже на уравнение Миффлина и др. (1990). И если присмотреться, то данные уравнения были разработаны для малоподвижных людей или тех, кто проявляли эпизодическую физическую активность. Получается, идеально использовать уравнения, разработанные для популяций, аналогичных тем людям, у которых мы хотим оценить GER. Касаемо спортсменов не было конкретных уравнений, и только одно было опубликовано Де Лоренцо и cols. (1999 год) на основе выборки из 51 спортсмена-мужчины (занятия водным поло, каратэ и дзюдо). Вот то самое уравнение:

$$(\text{GER (ккал/д)} - 857 - 9 \times \text{Вес (в кг)} - 11,7 \times \text{Размер (в см)})$$

И всё-таки, это уравнение должно быть проверено, а так же необходимо разработать формулы на основе других спортивных популяций, учитывая спортсменок (а не только мужчин).

Есть и другая альтернатива в спортивных популяциях, это использование уравнения Каннингем (1980) или Ravussin и Богард(1989), так как они основаны на ММ. Это является преимуществом, ведь спортсмены имеют более высокую массу MLG и более низкую жировую массу, чем у их сидячих ровесников. И, хотя MLG не измеряется с помощью очень точных методов (что может быть проблемой в его применении), альтернативой является применение антропометрической модели 5 Mass Fractionation. На данный момент она рассматривается как текущая эталонная в расчёте состава тела на основе антропометрических данных.

Но самое главное то, что при расчете GER большую часть времени это всё не измеряется напрямую, а оценивается по различным формулам. Разница в получаемом результате возникает по двум причинам:

- формула может не соответствовать по отношению к популяции, с которой её разработали изначально, и группе, где мы её применили,
- GETD может изменяться под влиянием множества факторов: возраст, пол, вес, костная масса, менструальный цикл, температура тела, концентрация определённых гормонов, табака, алкоголя, кофеина и т.д.

А после того, как мы вычислили GER, надо оценить GETD при помощи различных методов. Ниже мы разберём несколько из самых распространенных.

Метод 1: Факторный метод

Он заключается в том, что после оценки GER его значение умножается на фактор активности, а результат представляет оценку GETD. Вообще, существуют разные



варианты, например, в самом простом используется глобальный фактор активности за весь день, который будет представлять типичный уровень осуществления предмета. А второй, более сложный и трудоёмкий способ заключается в том, что спортсмен завершает подробный журнал деятельности, стоимость каждого из них, а его вклад в общие расходы оценивается. Но этот метод не используется, так как требует больших усилий.

Важно запомнить, что факторы от 1,3 до 1,6 применяются для расчёта у людей с малоподвижным или низким уровнем активности, а значения выше 2 для очень активных людей.

Примером использования факторного метода во всем мире является метод, предложенный в 1989 году в издании ВОА (Рекомендуемые диетические пособия) (таблица 1) (Национальный исследовательский совет, 1989 год).

Таблица 1: Факторы оценки суточной потребности мужчин и женщин в энергии (от 19 до 50 лет) в зависимости от различных уровней активности

уровень активности	Фактор активности (x GER)	Эн.потребность (kcal/kg/día)
Очень легкая		
Мужчины	1,3	31
Женщины	1,3	30
Легкая		
Мужчины	1,6	38
Женщины	1,5	35
Умеренная		
Мужчины	1,7	41
Женщины	1,6	37
Сильная		
Мужчины	2,1	50
Женщины	1,9	44
Очень сильная		
Мужчины	2,4	58



Женщины	2, 2	51
---------	---------	----

Fuente: Adaptado de RDA, 1989.

Помимо описанных выше, есть другой факторный метод, предложенный в докладе Национального совета по здравоохранению и медицинским исследованиям (NHMRC) (2006 год). А рекомендации для населения Австралии и Новой Зеландии не имеют различных значений в зависимости от пола и рекомендации разделяются на 6 категорий в соответствии с уровнем АФ (НАФ), вот эталонные значения для каждой из них:

- 1,2 (эквивалент исключительно оседлого образа жизни)
 - 1,4
 - 1,6
 - 1,8
 - 2,0
- 2.2 (очень активный образ жизни или очень интенсивная трудовая деятельность)

Подчеркивается, что НФО менее 1,4 несовместимы с независимым образом жизни или способностью зарабатывать себе на жизнь. И что NAFs выше 2.5 очень трудно поддерживать в течение длительных периодов времени, а NAFs 1,75 или более как раз рекомендуется для оптимального состояния.

Смотрите, в таблице 2 кратко описаны эти 6 категорий, которые были рассмотрены в том докладе.

Таблица 2: Уровни энергопотребления для различных образов жизни (по оценкам измерений, сделанных с использованием двойной пометки техники воды)

Описание образа жизни	Примеры занятий	NAF
1. В состоянии покоя, исключительно сидя или лежа.	В состоянии покоя, исключительно сидя или лежа	1,2
2. Исключительно малоподвижный образ жизни; в свободное время работаю сидя, почти или совсем без физических нагрузок.	Офисные служащие, механики.	1,4 - 1,5
3. Сидячая деятельность; сидячая работа с периодической ходьбой и стоянием, но мало или совсем без напряженной активности свободное время.	Персонал лаборатории, водители, студенты, рабочие на конвейерах.	1,6 - 1,7



4. Работа выполняется преимущественно стоя или сидя	Хозяйки, продавцы, официанты, слесаря, торговцы.	1,8 - 1,9
5. Тяжелая работа или очень активные люди в свободное время.	Строители, фермеры, работники лесного хозяйства, горняки, спортсмены.	2,0 – 2,4
6. Значительное количество занятий спортом или утомительный досуг в дополнение к тому, что указано в пунктах 2, 3 и 4.		Добавить дополнительные единицы NAF

Источник: Адаптировано из справочных значений питательных веществ для Австралии и Новой Зеландии (NHMRC, 2006).

Примечание: а): для изнурительных видов спорта и досуга (30-60 минут, 4-5 раз в неделю) добавьте 0,3 единицы NAF в день. Сокращения: NAF: уровень физической активности.

Ещё важно отметить, что оценки потребностей в энергии при помощи этих методов являются приблизительными. И при использовании для прогнозирования предметных требований эти полученные значения стоит использовать с осторожностью.

Лучше всего всегда, когда требуется точное значение, стоит непосредственно измерять ГЕРБ, а не оценивать. Ведь уровень активности оценивается на основе подробной записи обычной модели активности субъекта.

Метод 2: Оценка с помощью двойной пометки техники воды

Данная методология используется в последнем издании DRI (Диетические ссылки Потребление) (Институт медицины, 2005) для расчета REE. И по факту, REE оценивает GER на основе пола, возраста, размера и веса, а затем уже корректирует это значение в соответствии с ежедневной NAF.

Для отражения большого влияния НАФ на потребности в энергии в этом докладе были созданы четыре категории FFs, их обобщили в таблицу 3. И запомните, что NFR отражает соотношение между GETD и GER — чем выше коэффициент, тем выше количество дневного АФ.

Таблица 3: Коэффициенты АФ, согласно НФО, для расчета ВИЭ на основе формул, предложенных в СДВ



Категория	Уровень физической активности (NAF)	Коэф. АФ (Мужчины / женщины)
Сидячий	≥ 1,0 - 1,39	1,00 / 1,00
Мало активной	≥ 1,4 - 1,59	1,11 / 1,12
Активный	≥ 1,6 - 1,89	1,25 / 1,27
Очень активный	≥ 1,9 - 2,5	1,48 / 1,45

Fuente: Adaptado de IOM, 2005.

GE человека с сидячим образом жизни представляет его GER, ETD, а также несколько легких физических нагрузок в независимом образе жизни: ходьба от дома/работы до автомобиля, офисная работа и другие занятия с низкой активностью).

Про другие категории в докладе НАФ основываются на количестве дневного АФ, который эквивалентен ходьбе со скоростью от 4,8 до 6,4 км/ч (от 3 до 4 миль/ч).

Интересный пример, когда НАФ считается недостаточно активным образом жизни (средний NAF x 1.5) для взрослого человека с весом 70 кг, если в дополнение к деятельности в повседневной жизни присутствуют усилия, равные ходьбе 3,5 км/день на той же скорости.

А вот активным образом жизни считается NAF от 1,6 до 1,89. При среднем НАФ 1,75 и весе 70 кг, он потребует расходов АФ, равных ходьбе со скоростью от 4,8 до 6,4 км/ч.

Человек с массой тела в 70 кг и очень активным образом жизни (NAF среднем 2,2) должен иметь расходы АФ, равным ходьбе на знакомой уже вам скорости. И это всё в дополнение к деятельности, типичной для независимого образа жизни. Причём важно понимать, что можно не ходить это количество километров, а заменить на интенсивные мероприятия, ещё и меньше времени понадобится.

А теперь обратим внимание на расчёты. На основе многочисленных исследований с использованием двойной отмеченной техники воды (DLW), MOM разработала ряд уравнений для оценки GETD (он эквивалентен REE у здоровых людей). Ниже приведены для взрослых:

Мужчины в возрасте 19 лет и старше:

$$PI = 662 - 9,53 \times E + [АФ \times (15,91 \times P + 539,6 \times T)]$$

Женщины в возрасте 19 лет и старше:

$$PI = 354 - 6191 \times E + [АФ \times (9,36 \times P + 726 \times T)]$$

Где:

- PI — общие ежедневные расходы на энергию в ккал/день;
- E — возраст в годах;
- P — вес в кг;
- T — размер в метрах;



- АФ — коэффициент физической активности на основе НАФ (таблица 3).

Метод 3

Он заключается в проведении комбинированного метода, когда производится общий расчет GE образа жизни человека при помощи факторного метода, и к этому значению уже добавляется GE плана обучения. И вот для этого нам нужно иметь подробную информацию о плане тренировок. Что делать? Спросите у спортсмена напрямую, подробно ли знает он план тренировок или имеет записи на эту тему, может ли передать тренеру. Второй необходимый фактор — ссылки на данные GE различных видов деятельности. Сборник физической активности Эйнсворта (2000) может помочь, либо некоторые книги по физиологии упражнений и питания содержат в себе подробные таблицы GE по видам нагрузки.

Проще говоря, данная стратегия выглядит так:

REE (GER x Коэффициент ежедневной активности) - GE плана обучения.

Доступность энергии

В последние годы особое значение приобрела новая концепция в спортивном питании для спортсменов и заключается она в наличии энергии (DE).

Для начала нужно запомнить, что потребление нужного количества энергии является основополагающим требованием питания для каждого спортсмена (в следующем модуле «Принципы спортивного питания» есть об этом). Обязательно стоит поддерживать оптимальную массу тела и его состав, потому что достаточный запас топлива напрямую связан с регулярным поступлением всех питательных веществ в организм. Несмотря на простую мысль, достичь такой цели в области питания сложно из-за отсутствия у людей сильного биологического стимула к адаптации потребления энергии (IE) к GEAF (Loucks, 2014).

Кстати, в области питания тема энергетики традиционно изучается и управляется на основе концепции энергетического баланса (BE - IE - GE). Концептуально BE - это количество пищевой энергии, добавленной к энергетическим запасам организма или потерянной из них после того, как физиологические системы организма завершили свою ежедневную работу. Таким образом, BE является результатом работы этих систем (Loucks, 2014; Лоуки, Кинс, Райт, 2011).

Традиционно область биологии, в отличие от питания, изучала влияние энергетического вклада пищи на здоровье и репродуктивную функцию животных, сталкивающихся с конкретными экологическими проблемами, с точки зрения DE, определяемого как IE минус GE для выполнения данной метаболической функции. Следовательно, DE является вводным значением для этих систем (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011). Получается, что в области физиологии упражнения OE определяется как: (IE минус GE



упражнения) или AF определяется (DE - IE - GEAF) (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011).

Концепция DE признает, что энергия, получаемая из пищи, используется для разнообразных процессов в теле человека: поддержание клеточной функции, терморегуляция, рост, размножение, иммунитет, движение и т.д. А энергия, которая расходуется на один из этих процессов, недоступна другим.

И в области питания очень часто для оценки потребностей в энергии идут путем измерения или оценки GE. Это может стать ошибкой, поскольку измерение GE не дает информации о том, функционируют ли физиологические системы в здоровом ритме. А ввиду подавления или замедления физиологических процессов из-за очень низкого уровня SDs, общее измерение GE или GER будет упускать энергетические потребности хронически недоедающих спортсменов. (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011).

Запомните, что гормоны, регулирующие физиологические процессы, реагируют на доступность энергии и физические упражнения, а не на потребление или расход энергии (Loucks, 2014). При этом некоторые авторы утверждают, что энергетический баланс не несёт пользы для управления питанием спортсменов (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011). Но мере того, как спортсмены фокусируются на специфических целях в спорте, на них по-разному влияют диетическое питание и тренировки, вместе они влияют на доступность энергии. И когда спортсмен меняет свою подготовку, чтобы потреблять больше или меньше энергии, то диетические изменения становятся важной частью подхода питания для увеличения или уменьшения её доступности, плюс помогают в управлении составом тела (Loucks et al., 2011).

А спортсмены, теряющие кучу энергии при длительных нагрузках могут получить дефицит энергии, даже если не имеют расстройств пищевого поведения, беспорядочного питания, или ограничения в еде.

Вот почему при возникновении проблем, FCB спортсмены должны внести коррективы в свой рацион для компенсации энергии, затраченной во время спортивных мероприятий. В командных видах спорта, например, в футболе среднее количество калорий, потребляемых за один матч или тренировку — примерно 1000-1500 килокалорий (Kcal) (Bangsbo et al., 2006).

Вообще, для здоровых молодых и взрослых людей диета должна содержать около 45 ккал/кг МС в день (Loucks et al., 2011). Это порог, после которого репродуктивная функция и формирование костей будут изменены, а значение доступности энергии менее 30 ккал/кг МЕС/дау. Такое значение очень близко соответствует значению СЕВ (Loucks, 2004; Loucks et al., 2011). Недостаточное DE так же негативно влияет на иммунную функцию (Loucks et al., 2011). Проще говоря, < ккал/кг MLG/day обеспечивает меньше энергии, чем необходимо для нормального функционирования здоровых физиологических систем взрослых в состоянии покоя.

Спортсмены с низким содержанием жира в теле, что одобряется в их виде спорта,



обычно увеличивают свои учебные часы и делают много попыток похудеть. Нам известно, что игроки потребляют очень мало энергии из еды (Erp van- Vaart et al., 1989; Дальстром и др., 1990). И в результате, эти спортсмены сильнее подвержены инфекциям верхних дыхательных путей по сравнению с теми, кто заботятся о своём энергетическом балансе (Hagmar et al., 2008). К сожалению, чрезмерная подготовка, плохая доступность энергии в постоянном режиме, низкое потребление питательных веществ и психологический стресс участвуют в стратегиях потери жира, но могут нанести долгосрочный ущерб здоровью, благополучию и физической производительности. Наш вывод такой: продвижение обучения спорту требует соответствующего продвижения DE для достижения целей обучения и поддержки адаптации.

Вот, в ВFC, спортсмены подвергаются интенсивным и длительным тренировкам и им рекомендуется дисциплинировать приём пищи — есть определенное количество конкретных продуктов в установленные сроки (Loucks et al., 2011).

Очень важный момент касается большого влияния тренера на спортсмена. Здесь реализация стратегий питания не должна быть задачей только диетолога клуба. Изменение поведения будет наиболее эффективным, если все сотрудники, влияющие на спортсмена поймут важность DE и стратегии питания. Как этого достичь? Всё просто, за счёт семинаров в небольших группах и, особенно, в написанных руководствах для самих тренеров.

Управление доступностью энергии

DE в following Loucks (2014), предлагает управлять 6 шагами:

1. Оценивать MLG спортсмена.
2. Оценивать ежедневную подготовку ГЭ.
3. Выбирать соответствующее значение DE для спортсмена на основе текущих целей тренировок (таблица 4).
4. Производить расчёт суточного IE, требуемого. На основе $IE = (MLG \times DE) + EGE$
5. Разработать план откорма для покрытия EI.
6. Соблюдать план питания, независимо от чувства голода/аппетита спортсмена.

Таблица 4: Соответствующие диапазоны DE в соответствии с желаемой целью

Доступность энергии	Цель
>45 kcal/kg MLG/день	Набор массы тела, гипертрофия мышц, перегрузка гликогеном.
~45 kcal/kg MLG/день	Поддержание массы тела; упор на развитие моторики.
30-45 kcal/kg MLG/день	Потеря массы тела или жира



Источник: Адаптировано из Loucks, 2014.

Давайте обобщим сказанное в этом модуле в последнем абзаце. Доступность энергии — это количество энергии, которая остается доступной для остальных биологических процессов, после вычета GE из финансового года. Он имеет некоторые преимущества по сравнению с концепцией BE для управления учебных и кормления программ по оптимизации здоровья и спортивных результатов. Одним из преимуществ является то, что расчет DE включает в себя оценку GE обучения, а не общей GE, а последняя имеет большую степень неопределенности и ошибок. Недавние исследования выявили порог доступности энергии, ниже которого появляются негативные последствия на репродуктивном здоровье и костной системы. Данный порог можно применить и к другим патологическим состояниям из-за дефицита энергии. А ещё, некоторые физиологические процессы, такие как синтез белка, также могут варьироваться линейно с ЭД.



Ссылки

Эйнсворт, Б.Е., Хаскелл, У.Л., Леон, А.С., Джейкобс, Д.Р., младший, Монтойе, Х.Дж., Саллис, Дж.Ф., Паффенбаргер, Р.С.-младший (1993). Компендиум физической активности: классификация энергетических затрат физической активности человека. *Med Sci Sports Exerc*, 25(1), 71-80.

Эйнсворт, Б.Е., Хаскелл, В.Л., Уитт, М.С., Ирвин, М.Л., Шварц, А.М., Страт, С. Дж., . . . Леон, А.С. (2000). Компендиум физической активности: обновление кодов активности и интенсивности MET. *Med Sci Sports Exerc*, 32(9 Suppl), S498-504. Американский колледж спортивной медицины. (2000). Совместное заявление о позиции: Питание и спортивные результаты. Американский колледж спортивной медицины, Американская диетическая ассоциация и диетологи Канады (собственный перевод). *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), 2130-2145.

Бангсбо, Д., М. Мор и. Крутруп (2006). Физические и метаболические требования к тренировкам и матч-игре у элитного футболиста. *J Спорт Sci* 24(7): 665-674.

Билс, К.А. и Н. Л. Майер (2007). Спортсменка триада обновления. *Клин Спорт Мед* 26(1): 69-89.

Береза, К. (2005). Триада спортсменки. *BMJ* 330 (7485): 244-246.

Брукс, Г.А., Фейхи, Т.Д., й Болдуин, К.М. (2013). Физиология Эксерчио. Применение биоэнергии и суас человека. (4-й прим. (Собственный перевод). Сан-Пабло: Phorte.

Берк, Л.М. (2001). Энергетические потребности спортсменов. *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl, S202-219.

Койл, Е. Ф. (1997). Топливо для спортивных выступлений. В Д.

Р. Лэмб и Р. Мюррей (Eds.), Перспективы в области физических упражнений науки и спортивной медицины, Том 10, Оптимизация спортивных показателей. (стр. 95-138). Кармель: Бенчмарк Пресс.

Каннингем, Джей-Джей (1980). Реанализ факторов, влияющих на базальный обмен веществ у нормальных взрослых. *Am J Клин Натр*, 33(11), 2372-2374.

Дальстром, М., Е. Янссон, Э. Нордеванг и Л. Кайзер (1990). Расхождение между расчетом потребления энергии и потребностью в танцовщицах-женщинах. *Клин Физикол* 10(1): 11-25.

Де Лоренцо, А., Бертини, И., Канделоро, Н., Пиччинелли, Р., Иннокентий, И., Бранкати, А. (1999). Новое прогностический уравнение для расчета скорости метаболизма у спортсменов. *J Sports Med Phys Фитнес*, 39(3), 213-219.

Эрп ван Баарт, А.М Д., В.Х.М. Сарис, Р.А. Бинкхорст, Дж.А. Вос и Дж.В.

Х. Элверс (1989). Общенациональный опрос о пищевых привычках у элитных спортсменов. Часть II: Потребление минералов и витаминов. *Int J Sports Med* 10 (suppl. 1): S11-S16.



Флэтт, J. P. (1995). Использование и хранение углеводов и жиров. *Am J Clin Nutr*, 61(4 Suppl), 952S-959S.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация, Университет Организации Объединенных Наций, Всемирная организация здравоохранения. (2004). Потребности человека в энергии. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций.

Франкенфилд, D.C., Рот-Yousey, Л., и Компер, С. (2005). Сравнение прогностический уравнений для отдыха метаболизма у здоровых не страдающих ожирением и страдающих ожирением взрослых: систематический обзор. *J Am Диета Assoc*, 105(5), 775-789.

Франкенфилд, D.C., Роу, В.А., Смит, Дж.С., Куни, Р. Н. (2003). Проверка нескольких установленных уравнений для отдыха метаболических скорости у людей с ожирением и необицами. *J Am Диета Assoc*, 103(9), 1152-1159.

Хагмар, М., А. Л. Хиршберг, Л. Берглунд и Б. Берглунд (2008). Особое внимание уделяется стратегиям контроля веса, используемым олимпийскими спортсменами, стремящихся к худости. *Клин J Спорт Med* 18(1): 5-9.

Харрис, Дж.А. и Бенедикт, Ф.Г. (1918). Биометрическое исследование базального метаболизма человека. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 4(12), 370-373.

(Изображение под названием Аденозин Трифосфат). (s. f.). Восстановлено после <http://goo.gl/Yiscll>

Медицинский институт. (2005). Диетические справочные приемы энергии, углеводов, клетчатки, жиров, жирных кислот, холестерина, белка и аминокислот. Вашингтон, D.C.: Национальная академия Пресс.

Джекендроп, А. Е. и Глисон, М. (2004). Спортивное питание (собственный перевод). США: Человеческая кинетики.

Лейтольц, Б. и Крайдер, R.V. (2001). Оптимизация питания для физических упражнений и спорта (собственный перевод). В Т. Уилсоне и Н. Темпл (эд.), *Здоровье питания: Стратегии профилактики заболеваний* (стр. 207-239). Тотова, Нью-Джерси: Humana Press.

Левин, Дж.А. (2004). Нексеркисная активность термогенеза (NEAT): окружающая среда и биология. *Am J Физиол Эндокринол Метаб*, 286(5), E675-685.

Левин, Дж.А., Эберхардт, Н.Л., Дженсен, М.Д. (1999). Роль термогенеза без физической нагрузки в сопротивлении увеличению жира у людей. *Наука*, 283 (5399), 212-214.

Лоуки, А.В. (2003). Введение в менструальные нарушения у спортсменов. *Med Sci Sports Exerc* 35(9): 1551-1552.

Лоуки, А.В. (2004). Энергетический баланс и состав тела в спорте и физических упражнениях. *J Sports Sci*, 22(1), 1-14.

Loucks, А.В. (2014). Энергетический баланс и доступность энергии (собственный



перевод). В R. J. Maughan (эд.), Спортивное питание (стр. 72-87). Чичестер, Западный Сассекс: Уайли Блэквелл.

Лоуки, А.В., Кинс, Б., Райт, Х.Х. (2011). Доступность энергии у спортсменов. *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S7-15.

Махан, Л. и Эскотт-Стамп, С. (1999). Краузе питание и диетотерапия (9-й прим. Мехико: Макгроу-Хилл Межамериканский.

Миффлин, М.Д., Сент-Джеор, С. Т., Хилл, Лос-Анджелес, Скотт, Би Джей, Догерти, С.А., Кох,

И. О. (1990). Новое прогностический уравнение для отдыха расход энергии у здоровых людей. *Am J Clin Nutr*, 51(2), 241-247.

Национальный совет по здравоохранению и медицинским исследованиям (NHMRC). (2006). Питательные справочные значения для Австралии и Новой Зеландии . Министерство здравоохранения и старения Австралии и министерство здравоохранения Новой Зеландии.

Национальный исследовательский совет. (1989). Рекомендуемые диетические пособия (10-е место) (Собственный перевод). Вашингтон, Д.С.: Национальная академия прессы.

Пэйт, Р.Р., Прэтт, М., Блэр, С.Н., Хаскелл, В.Л., Мачера, К.А., Бушар, К., Уилмор, Дж.Х. (1995). Физическая активность и общественное здравоохранение. Рекомендация Центров по контролю и профилактике заболеваний и Американского колледжа спортивной медицины. *ДЖАМА*, 273(5), 402-407.

Pettee, K., Tudor-Locke, C., и Ainsworth, B. E. (2007). Измерение затрат энергии и физической активности. В I. Wolinsky и J. A. Driskell (Eds.), Спортивное питание. Энергетический метаболизм и физические упражнения (стр. 159-189). США: CRC Press.

Платонов, В.Н. (2001). Общая теория олимпийской спортивной подготовки. Барселона: Издательский дом "Палермотрибо".

Полман, Е. Т. (1989). Обзор: физические упражнения и его влияние на метаболизм энергии отдыха в человеке. *Med Sci Sports Exerc*, 21(5), 515-525.

Равусин, Э. и Богард, К. (1989). Взаимосвязь генетики, возраста и физической подготовки с ежедневными расходами энергии и использованием топлива. *Am J Clin Nutr*, 49(5 Suppl), 968-975.

Ravussin, E. s Swinburn, B. (1993). Энергетический метаболизм (собственный перевод). В A. J. Stunkard и T. A. Wadden (Eds.), Ожирение: Теория и терапия (стр. 97-123): Ворон Пресс.

Реймерс, К.Дж., Рууд, Дж.С., Гранджан, А. (1997). Спортивное питание. Обновление спортивной науки, 5(15), 4-17.

Серра Грима, Дж.Р. и Лях Кламе, М. (1996). Методы, используемые для количественной оценки интенсивности физической работы. . В J. R. Serra Grima (эд.), Рецепт физических упражнений для здоровья (стр. 117-140). Барселона: Ред. Платотрибо.



Тортора, GJ и Дерриксон, В. (2008). Введение в организм человека (7-й прим. прим. Мехико: Эд. Медика Панамерикана.

Всемирная организация здравоохранения, Продовольственная и сельскохозяйственная организация, Университет Организации Объединенных Наций. (1985). Потребности в энергии и белках. Технический отчет серии No 724. Женева : Всемирная организация здравоохранения.

