

МОДУЛЬ 1. Биоэнергетика

1.1 Энергии

Способность получать общие знания о спортивном питании (НД) и правильно применять их в различных ситуациях, которые могут возникнуть при работе в различных областях (клубы, спортивные залы, офисы и т.д.) и со спортсменами различного уровня (отдых, любительский спорт, соревнование) необходимо обладать знаниями о метаболизме и биоэнергии.

Человеческое движение, как в повседневной жизни, так и в спорте, характеризуется энергией. Наука, которая изучает принципы, ограничивающие обмен энергией, известна как термодинамика или энергия. В целом те же принципы, которые регулируют энергетические события в физическом мире, также регулируют их в биологическом мире. Наука, которая изучает энергетические события в биологическом мире, называется биоэнергией.

Чтобы описать энергию в человеческом теле, необходимо иметь в виду две вещи. Во-первых, энергия не создается, а приобретает форму и становится другой. Во-вторых, процессы преобразования энергии являются относительно неэффективными, и большая часть энергии выделяется в непригодной для использования форме: тепло (Brooks et al., 2013).

В этом модуле мы разработаем некоторые основные концепции, связанные с биоэнергией, метаболизмом и его применением при оценке ежедневной потребности активных людей или спортсменов в энергии.

1.1.1 Метаболизм

Метаболизм включает в себя все химические реакции, которые проводятся в организме; включает деградацию сложных молекул в более мелких структурах, т.е. катаболизм и синтез более сложных молекул из более простых, меньших молекул, т.е. анаболизма. (Тортора и Дерриксон, 2008). Проще говоря, его можно определить как сумму всех процессов, происходящих в живом организме (Brooks et al., 2013).

Химические реакции происходят в организме, когда химические связи образуются или разрушаются между веществами. Ферменты функционируют как катализаторы для увеличения скорости химических реакций.

Метаболизм можно рассматривать как процесс, который поддерживает энергетический баланс между анаболическими и катаболическими реакциями (Тортора

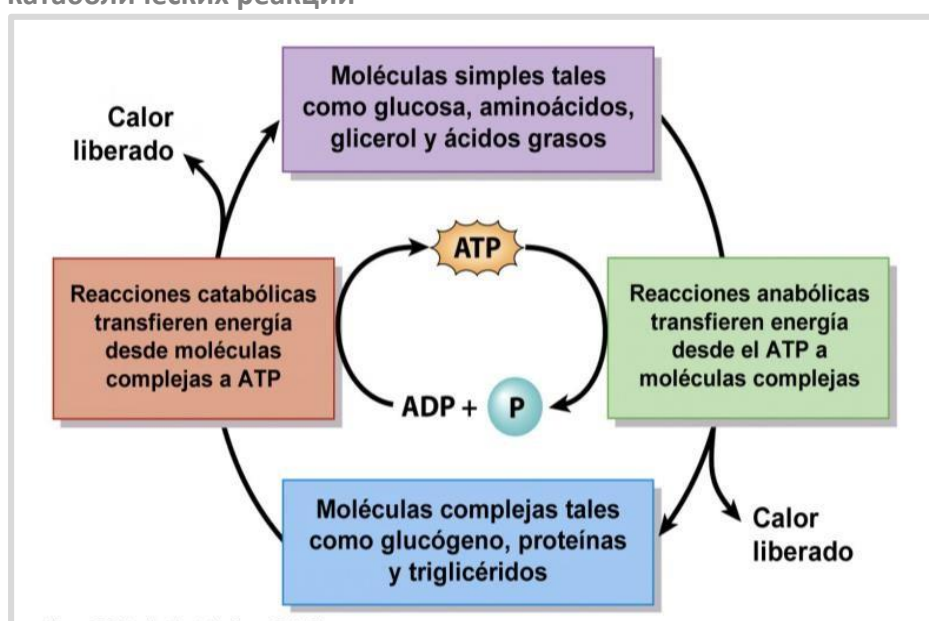


Дерриксон, 2008).

Во время анаболических реакций потребляется больше энергии, чем происходит во время ее развития; эта энергия исходит от катаболических реакций. В свою очередь, катаболические реакции высвобождают энергию, хранящуюся в унижающих достоинство молекулах; эта энергия передается аденозинтрифосфату (АТФ), а затем используется для подачи энергии для анаболических реакций (рисунок 1).

Тепло, вырабатываемое всеми этими химическими реакциями, является так называемой скоростью обмена веществ и отражается в темпах производства тепла. Все реакции в конечном счете зависят от биологических реакций окисления; таким образом, оценка потребления кислорода является хорошим приближением скорости производства тепла или скорости обмена веществ (Brooks et al., 2013).

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



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

Прежде чем продолжать углублять различные аспекты биоэнергетики, необходимо определить некоторые важные термины (Brooks et al., 2013):

- **Энергетика:** способность делать свою работу.
- **Работа:** является продуктом данной силы, действуя на расстоянии. Это механическое определение. В клетках это чаще для биологических (химических и электрических) работа, которая будет выполняться, чем механические. Тем не менее, можно обмениваться и преобразовывать энергию из одной формы в другую.
- **Мощность:** производительность труда.
- **Система:** функционально организованный блок. Системы могут варьироваться от микроскопического (митохондриального) уровня до общего уровня тела.
- **Оборот:** В организме молекулы энергии постоянно используются и восстанавливаются. Оборот означает скорость обновления, при которой стабильное состояние метаболизма отражает, что скорость использования равна скорости восстановления.

1.1.2 Производство механической энергии и энергетических систем



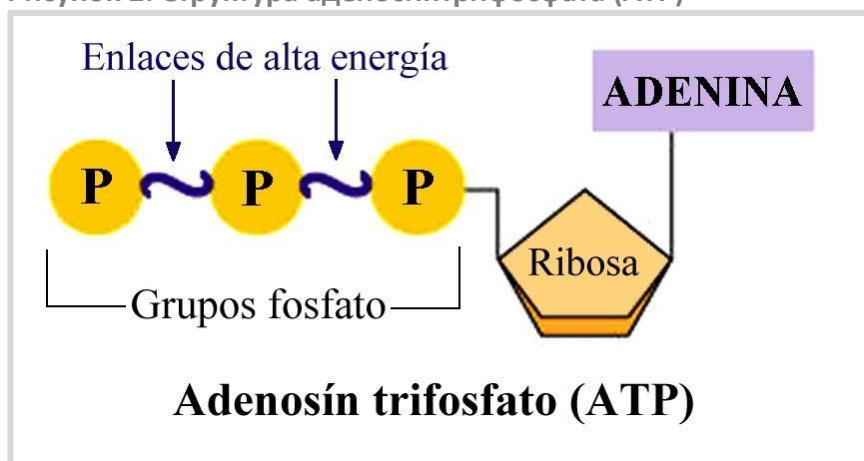
Изучение энергии и принципов, регулирующих ее обмен, началось в XIX веке и было названо термодинамикой. Сегодня наиболее подходящим и наиболее часто используемым термином является Энергетика. Существует шесть основных видов энергии: тепловая, химическая, механическая, электрическая, легкая и атомная.

Механические машины преобразуют энергию в тепло, которое преобразуется в механическую энергию. Вместо этого биологические машины (человеческое тело) не обладают способностью преобразовывать тепло в другой тип энергии. В биологических системах тепло является важным, но бесполезным компонентом реакций, в которых были выполнены другие формы работы (Brooks et al., 2013).

Механизмы преобразования энергии присутствуют во всех клетках. Они нуждаются в веществе, способном принимать энергию, высвобождаемую в ходе многочисленных реакций, и в то же время способном обеспечивать энергию в реакциях, которые требуют ее. В наших клетках это вещество почти всегда АТФ, поэтому часто признается в качестве общего энергетического посредника (Brooks et al., 2013).

АТФ относится к нуклеотидной группе. Его структура состоит из азотного основания (аденина), сахара (рибозы) и 3 фосфатов (рисунок 2), последний из которых обычно называют "высокой энергией". Реакция, при которой АТФ делится на аденозиндифосфат (АДФ) для высвобождения энергии, включает воду, поэтому эти типы реакций называются гидролизом (имеется в виду: разделенный или scyded водой).

Рисунок 2: Структура аденосинтрифосфата (АТФ)



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

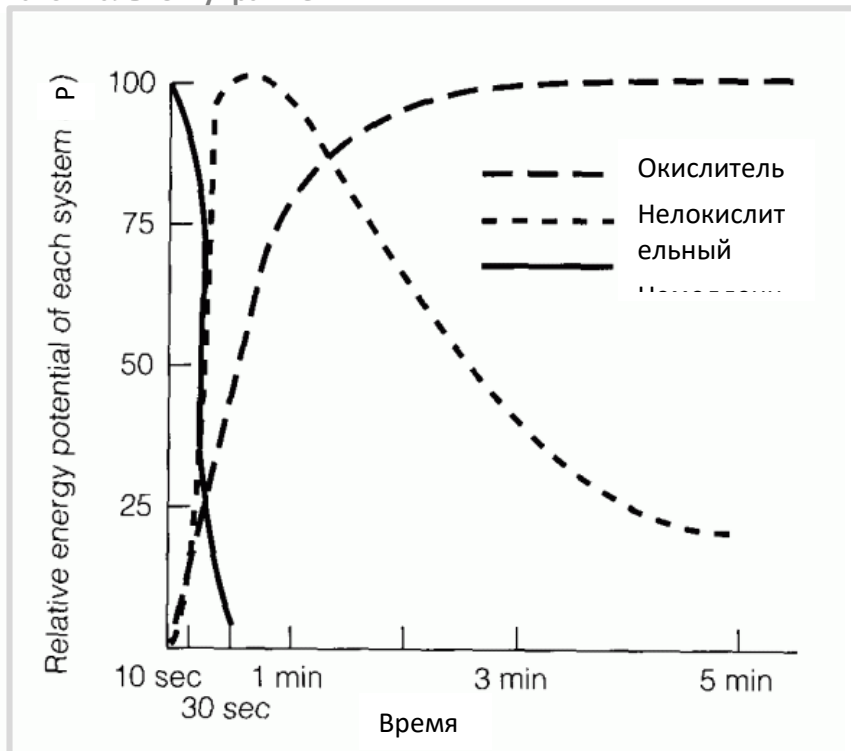
Таким образом, АТФ может рассматриваться в качестве общего химического посредника, используемого для обеспечения энергии для мышечной работы и других форм клеточной работы. Однако концентрация АТФ в мышечных клетках низкая. Подсчитано, что эта сумма может обеспечить максимальную интенсивность мышечной работы только в течение 2 секунд (Платонов, 2001). Тем не менее клетки готовы держать концентрацию клеток АТФ относительно постоянной, с различными темпами



использования (оборотные ставки); это то, что известно как Гомеостаз АТФ (Brooks et al., 2013).

Мышцы имеет три источника энергии (или системы производства энергии), которые поддерживают Гомеостаз АТФ: немедленный, неокислительный, окислительный. (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.

Непосредственные источники энергии

Непосредственные источники энергии в мышцах состоят из трех компонентов. Во-первых, резерв АТФ. Реакция, приводящая к разложению АТФ, катализируется ферментом АТФазы и может быть резюмирована следующим образом:



Вторым источником непосредственной клеточной энергии является фосфоэатин (PCr), который обеспечивает энергетический резерв фосфата для регенерации АТФ, потребляемого во время сокращения мышц. Взаимодействие между АДФ, PCr и деградированным АТФ катализируется ферментом Creatinquinase и может быть обобщено следующим образом:



Третий непосредственный источник клеточной энергии включает в себя фермент Аденилат Киназы, который в мышцах часто называют миокиназы, и катализирует эту реакцию:



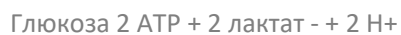
AMP имеет важное значение, так как его присутствие в мышечной клетке является важным сигналом для активации механизмов восстановления ADP в АТФ (Brooks et al., 2013).

АТФ и PCr, которые вместе часто называют фосфатгенами, являются очень важным запасом энергии, будучи немедленно доступными, но которые не могут поддерживать свою работу в течение нескольких секунд (5-15 секунд), нуждающихся в помощи других источников энергии (Brooks et al., 2013).

Неокислительные источники энергии (гликолитики)

Топливом, используемым этой энергетической системой, являются глюкоза и гликоген, а процессы, с помощью которых энергия получается из них, называются гликолизом и гликогенолизом, соответственно.

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



Количественно, энергия, доступная из неокислительных источников, намного выше, чем энергия, полученная непосредственными источниками. Однако, даже если энергия, полученная из этих двух источников, объединена, полученная сумма составляет очень небольшую долю по сравнению с энергией, доступной через окислительные источники. Таким образом, интенсивная мышечная деятельность продолжительностью более 30 секунд не может быть сохранена без помощи окислительного метаболизма (рисунок 3). Кроме того, окислительный обмен необходим для восстановления немедленной и некислотной систем после интенсивных физических упражнений (Brooks et al., 2013).

Окислительные источники энергии

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



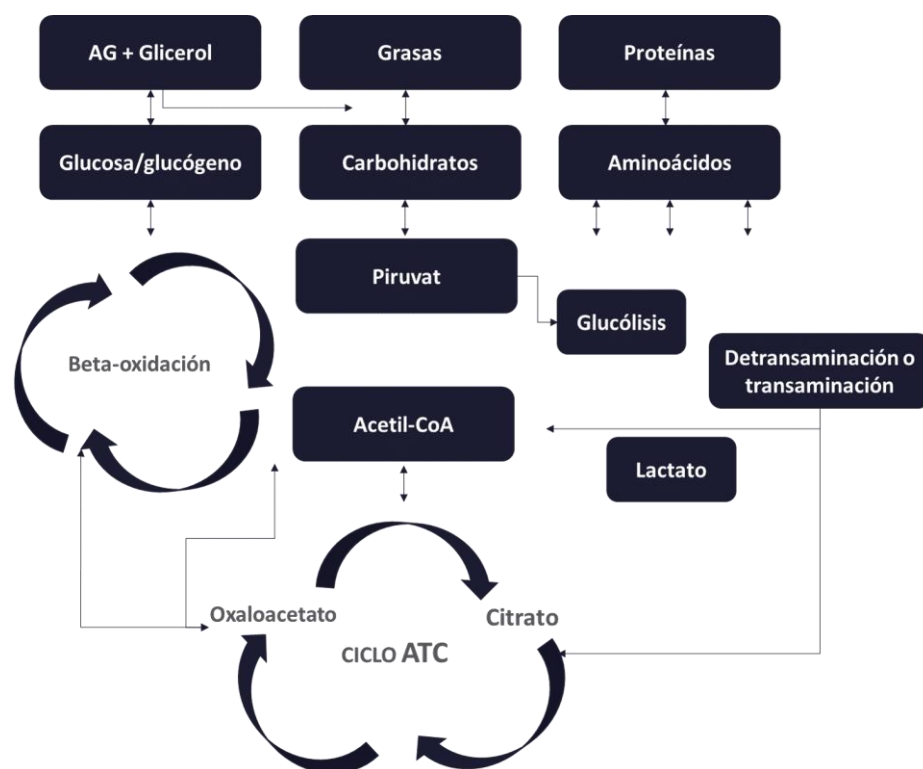
Это потому, что окислительный метаболизм позволяет более полный катаболизм молекулы глюкозы.

Жирные кислоты (ГА), катаболизированные окислительным метаболизмом, высвобождают гораздо больше энергии, чем глюкоза. Например, если молекула пальмитата (средний и довольно распространенный АГ) окисляется, вы получаете:



Аминокислоты (АА) также могут следовать окислительного пути, но для этого, заранее, остатки, содержащие азот (N₂) должны быть удалены. Обычно это делается путем обмена N₂ с другим соединением (трансаминация), или через один процесс удаления N₂ (окислительного деаминации). Тем не менее А. А. обычно не используются для производства энергии в мышцах, и только приходится небольшая доля синтезированных АТФ (Brooks et al., 2013).

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



Источник: Адаптировано из Jeukendrup и Глисон, 2004.

1.1.3 Количественная оценка затрат энергии от физической активности

Один часто упускается из виду вопрос заключается в том, что термин физической активности (АФ) не является синонимом расходов энергии (GE). АФ это поведение характеризуется движением тела, следствием мышечного действия, и в результате GE. Несколько типов или категорий АФ (рисунок 5), которые иногда даже пересекаются мочь быть признаны, в зависимости от цели, с которой выполняется категоризация. Например, быстрая прогулка может быть средством передвижения или частью



запланированной программы упражнений. Из-за этого перекрытия подкатегории АФ, очень сложно измерить их как отдельные категории (Pettee, Tudor-Locke, и Ainsworth, 2007).

Другая категоризация АФ может основываться на интенсивности ее времени, т.е. на уровне GE, приписываемом конкретной деятельности (Ainsworth et al., 1993; Ainsworth et al., 2000; Паштет и др., 1995).

АФ, как правило, рассчитывается на основе его частоты (т.е. количества раз в неделю) и продолжительности (например, минут продолжительности каждой сессии). Однако ГЭ 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.

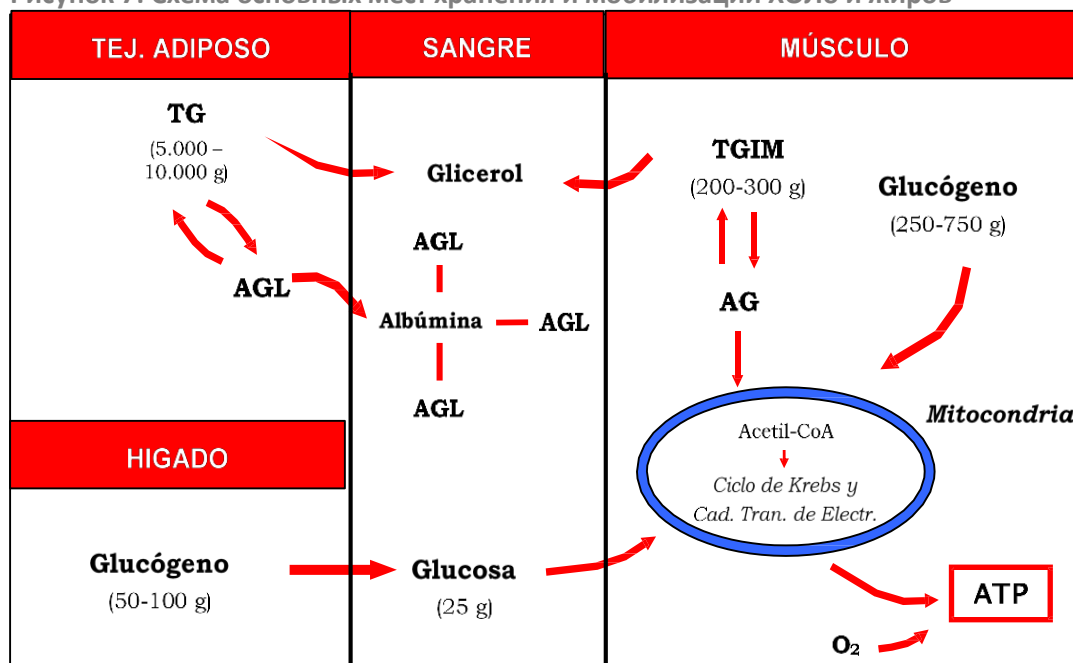
Другим важным моментом, касающимся оценки ге деятельности, является возможность использования весов, в которых выражение энергоёмкости или стоимости может быть сделано абсолютно (например, ккал/кг/час) или относительным (в % от текущей максимальной мощности). Хотя несколько факторов могут повлиять на GE в относительном масштабе (например, возраст, вес тела, уровень производительности), если предположить относительно последовательную механическую эффективность у людей (23%) развивать механическую работу, то абсолютный GE, как правило, постоянна для данной деятельности. Для содействия пониманию оценки АФ и ГЭ было бы полезно иметь концептуальную основу, в которой центральной концепцией интересов является движение. В свою очередь, эта концепция может быть использована в две измеримые переменные: АФ и GE (рисунок 6). Обе переменные могут быть оценены с помощью прямых и косвенных измерений. Тем не менее это, как правило, вопрос экстраполяции результатов этих измерений на некоторые единицы измерения GE (ккал или kJ) из-за его связи с потреблением энергии и, в конечном счете, его влияние на BE.

Короче говоря, действительные меры для количественной оценки их АФ и связанных с



отложений. Эти резервные TGs гидролизуются, через липолиз, к глицеролу и свободным жирным кислотам (AGL). AGLs для гидрофобных молекул (например, веществ, которые не имеют сродства к воде) должны связываться с альбумин для того, чтобы быть транспортированы в крови, например, скелетной 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.

Приблизительно от 200 до 300 г жиров хранятся в виде TG в скелетных мышцах (TGIM), и представляют собой важный дополнительный источник энергии для мышц. Тем не менее скорость, с которой TGIMs может обеспечить энергию скелетных мышц во время физических упражнений составляет менее 1/3 скорости, с которой мышцы гликогена энергии обеспечивает (Койл, 1997). Таким образом, два основных источника AGL для скелетных мышц во время физических упражнений являются те, из Жировой ткани адипоцитов и AGLs от TGIMs.

CHORs хранятся в организме в виде гликогена, и два основных резерва тела являются те, которые расположены в печени и скелетной мышцы. Эти запасы гликогена тела, как правило, достаточно, чтобы, покрыть количество СНО потребляется организмом в течение 1 дня (Flatt, 1995). В зависимости от диеты и AF шаблон выполняется, мышечные запасы гликогена в организме может варьироваться от 250 до 750 г. Однако количество гликогена, доступного для физических упражнений, будет зависеть от мышечной массы, активированной во время напряжения (например, мышечный гликоген служит лишь топливом для мышц, где он хранится). Кроме того, в среднем в печени имеется около 80 г г гликогена (Coyle, 1997), что является максимальным запасом взрослого человека около 120 г (Flatt, 1995). Этот печеночная резерв может быть гидролизован до глюкозы и транспортируется кровью в мышцы, чтобы быть окислены и обеспечить энергию. Поскольку очень высокий уровень окисления СНО необходим для поддержания интенсивных упражнений в течение длительных периодов времени, человек может истощать свои запасы гликогена и испытывать усталость во время физических



упражнений (Coyle, 1997).



1.2 Потребности спортсмена в энергии

1.2.1 Энергетический баланс

В целом, энергетический баланс (BE), то есть взаимосвязь между энергией, которую мы потребляем через пищу, и энергией, потраченной в течение дня, изучается через следующее уравнение, обычно называемое статическое уравнение (Ravussin и Swinburn, 1993):

Энергетический баланс - Потребление энергии - Расходы на энергию (в энергетических месторождениях)

Это уравнение отражает, что, когда потребление энергии (IE) выше, чем его расходы, положительный BE происходит, который проявляется в увеличении веса (в основном из-за увеличения жировой ткани); напротив, когда GE больше, чем количество энергии, которая попадает индуцируете, отрицательный BE и снижение массы тела достигаются.

Однако в настоящее время для изучения пчел и поддержания (или нет) массы тела предпочтительнее использовать уравнение под названием BE dynamics, а также рассматривать баланс каждого энергетического субстрата отдельно (Ravussin s 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) и расход энергии физической активности (ГЭФ) (рисунок 8). В некоторых случаях существует четвертый компонент (иногда упускается из виду): расход энергии для роста. Это происходит в случае детей или подростков, которые все еще растут, у беременных или кормящих женщин, а также в тех субъектах, которые ищут увеличение их мышечной массы.

GER, иногда называемый метаболизмом (ПМР), является энергией, которую человек требует для поддержания нормального функционирования различных систем организма и постоянства температуры тела в состоянии покоя. У малоподвижного взрослого человека на него приходится от 60% до 75% ежедневных затрат энергии.

Тесная связь между GER и размер тела уже давно известно. С начала двадцатого века GER считался по существу то же самое для данного размера тела. Тем не менее более поздние исследования показали, что для данного размера тела и состава, GER может значительно различаться между различными предметами. Постная масса, жировая масса, возраст и пол являются основными факторами, которые определяют GER,



объясняя 80% его дисперсии. Это говорит о том, что ГЕРБ, по крайней мере частично генетически определяется (Ravussin и Суинберн, 1993).

Термогенез является увеличением базальной скорости обмена веществ в ответ на различные стимулы, такие как потребление пищи, воздействие холода или тепла, психологический стресс, гормональное введение и т.д.

ТИА, также называемый тепловой эффект диеты (ETD), является основной формой термогенеза, и соответствует увеличению ГЭ выше GER, связанных с пищей. Она включает в себя энергетическую стоимость пищеварения, поглощения, транспорта, метаболизма и отложений питательных веществ. Это составляет около 10% ге ежедневно. Однако это значение может варьироваться в зависимости от энергетического содержания пищи, типа потребляемой пищи, состава рациона и степени ожирения испытуемых.

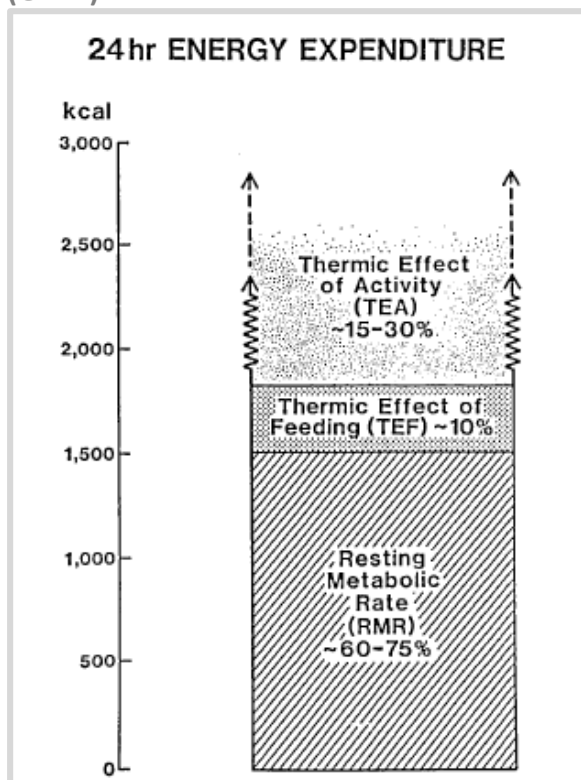
GEAF, также называемый тепловым эффектом физической активности (ETAF), является наиболее переменным и единственным компонентом, способным добровольно контролироваться; включает в себя все расходы энергии выше GER и ТИА. Он может представлять собой высокий GE у очень активных людей (у спортсменов с очень требовательными учебными программами может со средней или большей частью их общего GE). Тем не менее у малоподвижных людей GEAF имеет значение от 15% до 30% ге ежедневно.

Важно отметить, что GEAF является компонентом общего GE, который включает в себя различные проявления АФ. Существуют различные модели классификации для анализа в зависимости от консультируемых авторов. Один, который получил внимание в последние годы является то, что предложил Левин, который считает, что GEAF может быть разделена на два компонента: термогенез от деятельности, связанной с осуществлением (APR) и термогенез от не-упражнения деятельности (TANE) (Левин, 2004; Левин, Эберхардт, Дженсен, 1999). Первый включает в себя все запланированные АФs, связанные со спортивной практикой (если спортсмены) или фитнес (если мы имеем в виду людей, которые выполняют АФ для здоровья). TANE, с другой стороны, является гораздо более широким компонентом, включая все виды повседневной жизни, такие как трудовая деятельность, досуг, танцы, ходьба и т.д. Другими словами, в рамках TANE мы будем включать в себя все виды деятельности, кроме сна, питания и физкультуры.

Причина, по которой концепция TANE вызвала интерес, заключается в том, что, с одной стороны, в обществах с современным образом жизни, компонент АТР является очень низким или практически нулевым, так как большинство субъектов сидячий или поезд мало (например, выполняя менее 2 часов упражнений в неделю делает накопленный GE около 100 ккал / день или меньше), а, с другой стороны, было предположение, что TANE может помочь объяснить, почему некоторые люди могут поддерживать свой вес, в то время как другие набирают вес 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.

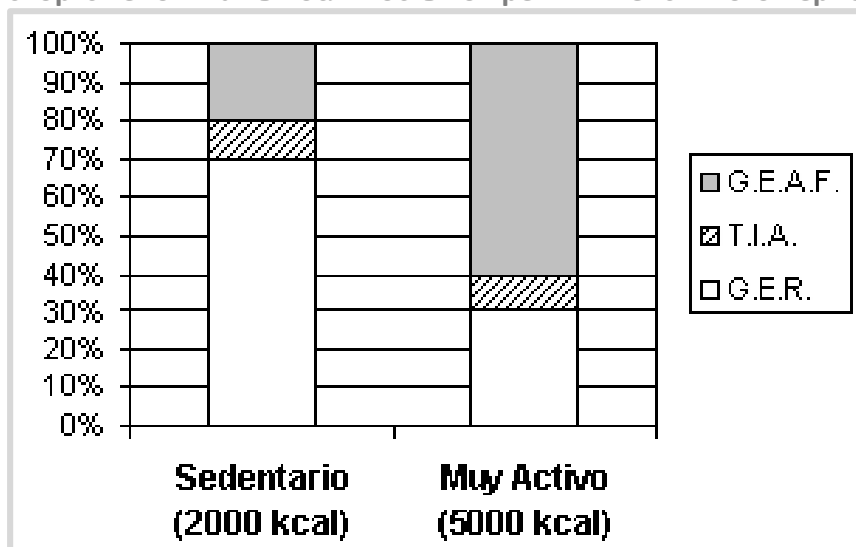
Что касается того, разделяем ли мы этот способ анализа GEAF, важно то, что при его оценке мы должны делать это широко, принимая во внимание все возможные проявления АФ в повседневной жизни субъекта, так как это позволит нам лучше оценить GETD субъекта, который имеет основополагающее значение для планирования пищевых продуктов. Вот почему этот аспект повседневной жизни субъекта является центральной частью пищевой анамнез.

Рисунок 9

Сравнивает GETD и его различные компоненты в сидячий человека и выносливость спортсмена переживает интенсивный период обучения. Мало того, что наблюдается, что общая GE в 2,5 раза выше у спортсмена, но GEAF приходится 60% ge, в то время как в сидячем GEAF составляет лишь 20%.



Рисунок 9: Сравнение затрат энергии и ее компонентов между сидячим человеком и спортсменом на выносливость во время интенсивного периода тренировок



Источник: собственная разработка

1.2.3 Расчет энергопотребления физической активности

При изучении GE различных видов деятельности, проведенных людьми, он обычно выражается в зависимости от единицы времени, будучи наиболее распространенным ккал / мин, или также с учетом размера человека, то есть, в ккал / кг веса / мин.

В последние годы он приобрел популярность еще один способ выражения GE (или интенсивности) данной физической активности: MET или метаболический эквивалент (Ainsworth et al., 1993; Ainsworth et al., 2000; Серра Грима и Лях Кламе, 1996). RESTing GE считается 1 MET, т.е. энергией, потребляемой человеком, сидя спокойно, что приравнивается к 3,5 мл веса тела O₂/kg/min или 1 ккал/кг массы тела/часа (Ainsworth et al., 1993). Таким образом, интенсивность ge или деятельности выражается как кратный 1 MET, т.е. 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.

Чтобы оценить GE деятельности в ккал от его значения в METs и в зависимости от веса человека, действовать следующим образом: вес тела умножается на значение в METs 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:
 $4 \text{ MET} \times 60 \text{ кг} \times (40 \text{ мин} / 60 \text{ мин}) = 160 \text{ ккал}$

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

Потребность в энергии может быть определена как количество энергии, предоставляемой пищей, которую человек должен потреблять ежедневно, чтобы покрыть их GE, а также поддерживать размер тела и состав, а также уровень АФ, который совместим с хорошим долгосрочным состоянием здоровья (Продовольственная и сельскохозяйственная организация, Университет Организации Объединенных Наций, Всемирная организация здравоохранения, 2004). Другим аналогичным определением является доклад Института медицины (2005 год), в котором оценочная потребность в энергии (REE) определяется как среднее потребление энергии, которое позволило бы поддерживать энергетический баланс у здорового взрослого человека пола, возраста, веса, размера и уровня физической активности в соответствии с хорошим здоровьем.

Помимо тонких различий между этими двумя определениями, основная идея заключается в том, что это требование энергии определяется некоторыми биологическими характеристиками, типичными для каждого предмета (возраст, вес, размер и т.д.) вместе с их уровнем АФ. Это также должно позволить вам поддерживать оптимальное состояние здоровья. Для здоровых взрослых это эквивалентно GETD, так как он стремится достичь BE (т.е. REE - GETD). Однако это не обязательно относится к другим ситуациям. Например, в случае лица, страдающего ожирением, ежедневное потребление энергии должно быть ниже, чем GETD, для того, чтобы достичь отрицательного BE и снижения их веса тела (REE < GETD). В случае человека, который имеет более низкий вес, чем считается здоровым (как это может быть в случае с человеком, страдающим от недоедания), ситуация как раз наоборот, и энергетический вклад больше, чтобы его GETD должны быть сделаны для того, чтобы заставить его восстановить вес до адекватного уровня (REE > GETD). Последняя ситуация также применяется у людей, которые хотят изменить свой состав тела и увеличить их мышечной массы (REE > GETD).

В целом, спортсмены, как полагают, имеют более высокие потребности в энергии, чем их не-спортсмен сверстников из-за увеличения практики АФ, но это не всегда так.

Потребность каждого спортсмена в энергии уникальна и, как упоминалось выше, определяется GER, TIA, GEAF и, в некоторых случаях, ростом. При их оценке необходимо учитывать многочисленные факторы (рисунок 10). Среди них:

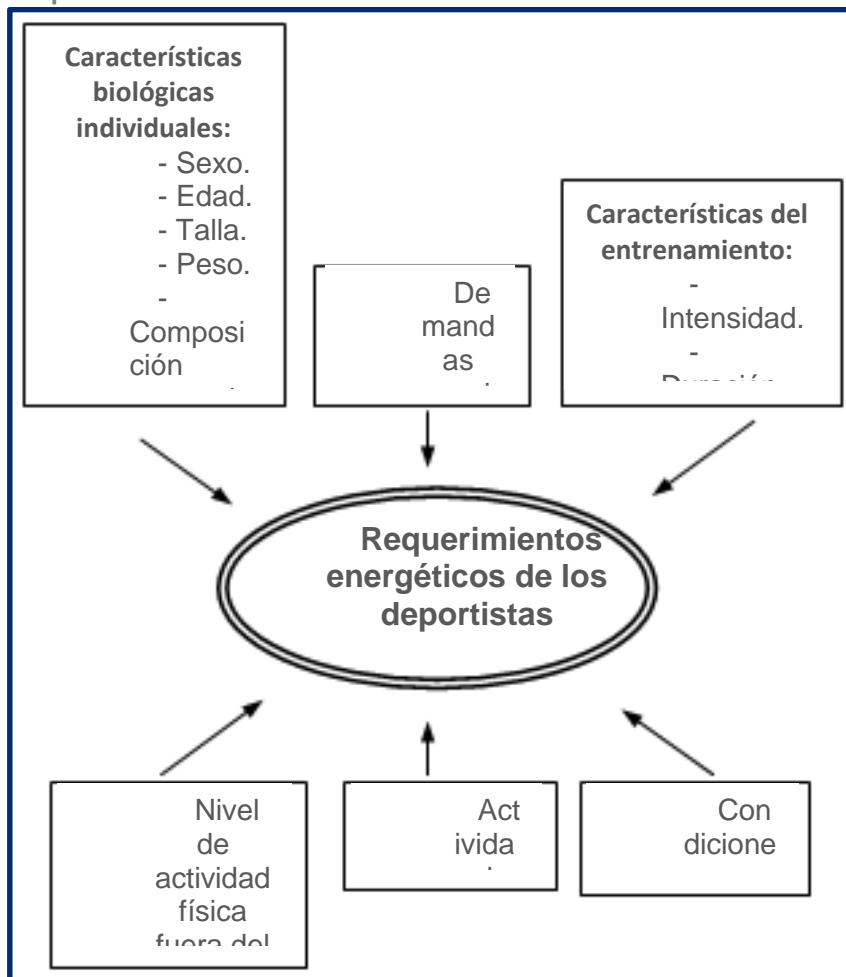
- Индивидуальные биологические характеристики объекта, наиболее важными из которых являются размеры (отражают размер тела).
- Требования АФ (например, марафон не является тем же, если он практикуется в плоской местности, как и в горах, где различия в местности вводят дополнительный GE).
- Характеристики тренировки, наиболее важными из которых являются интенсивность.
- Уровень АФ вне тренировки.
- Профессиональная деятельность (например, любительские или низкопроизводительные спортсмены часто имеют работу, которая приводит к дополнительному ГЭ, что необходимо учитывать).
- Наконец, погодные условия могут также влиять на потребности в энергии.



Без сложного оборудования практически невозможно точно определить потребности спортсмена в энергии, так как два спортсмена с одинаковым эквивалентным возрастом, размером и составом тела, участвующие в одном и том же виде спорта и с подобными тренировками, могут иметь очень разные потребности в энергии.

Наиболее практичным способом подтверждения того, удовлетворены ли потребности в энергии, является одновременное наблюдение за потреблением энергии и массой тела спортсмена (Reimers, Ruud, Grandjean, 1997). ВЕ проверяется стабильной массой тела, что означает, что потребление энергии аналогично вашему требованию.

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



Источник: собственная проработка.

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



В связи с этим важно признать население, которое рискует испытать последствия в ущерб отрицательному энергетическому балансу. В последнее время триада спортсменки, то есть сосуществование расстройств пищевого поведения, нарушений менструальной функции и плотности субоптимата костной ткани, имела значительную огласку (Loucks 2003; Береза 2005; Билс и Мейер 2007). Консультации экспертов спортивной медицины, в том числе диетологов, психологов и врачей, имеет важное значение для раннего выявления и для контроля проблем, связанных с составом тела и питания.

Ниже мы разработаем некоторые из наиболее часто используемых уравнений для оценки GER и REE.

Оценка затрат энергии в покое

Для оценки GER было разработано несколько уравнений. Важно иметь в виду, что они были получены из различных групп населения, начиная от возраста, пола, ожирения уровне и АФ. Поэтому рекомендуется попытаться использовать уравнение прогнозирования, которое наилучшим образом отражает население или отдельных лиц, с которыми мы работаем.

- Харрис и Бенедикт (1918):

Несмотря на то, что это уравнение разрабатывалось почти 100 лет назад (Harris и Benedict, 1918), это уравнение остается наиболее широко используемым в клинической практике при оценке GER.

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

Где

В: вес, в кг. Т: размер, см.

Е: возраст, годы.

- Тем не менее важно иметь в виду, что это уравнение систематически переоценивает GER по крайней мере на 5%, и Есть даже исследования, которые сообщили об ошибке между 10% и 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 GER не может быть непосредственно оценена (Frankenfield, Roth-Yousey, и Compher, 2005; Франкенфилд и др., 2003).

Мужчины: $10 \times 6,25 \times \text{T} - 5 \times \text{E}$ 5 женщин: $10 \times \text{P} 6,25 \times \text{T} - 5 \times \text{E} - 16$

Где

В: вес, в кг. Т: размер, см.

Е: возраст, годы.

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

Другими уравнениями, часто используемыми при оценке GER, являются те, которые были



предложены в докладе WHO/FAO / UNU (1985). В отличие от предыдущих он использует 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: $13,5 \times P + 487$

Женщин:

а) 18-30 лет: $14,7 \times P + 496$

б) 30-60 лет: $8,7 \times P + 829$

с) >60 лет: $10,5 \times P + 596$

Где

В: вес, в кг.

• Каннингем (1980):

В 1980 году Каннингем подтвердил гипотезу, первоначально предложенную Бенедиктом, что метаболически активная ткань тела, т.е. мышечная масса (ММ), является лучшим предиктором GER. Основываясь на этом выводе, она предложила упрощенное уравнение для прогнозирования GER от ММ:

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

Гендерные различия учитываются при использовании ММ (иногда его также называют обезжиренной массой, MLG), так как женщины, в среднем, имеют более низкие пропорции ММ и более высокую жировую массу по сравнению с мужчинами.

Равусин и Богард (1989)

В 1989 году Равусин и Богардус отмечали, что для сравнения энергосбережения в субъектах разных размеров необходимо стандартизировать скорость обмена веществ на основе какого-то метаболически активного показателя массы тела. Тем не менее нет точных методов для его оценки. Таким образом, в то время как ММ не является идеальным показателем, он, как представляется, является лучшим предиктором базальной скорости обмена веществ. Основываясь на данных по 249 предметам, они предложили следующую формулу оценки Гер (Ravussin и Bogardus, 1989):

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

Это уравнение дает несколько более низкие результаты, чем уравнение Каннингема (1980), и очень похоже на уравнение Миффлина и др. (1990).

Если присмотреться, то анализируемые уравнения были разработаны у малоподвижных людей или которые выполняли физическую активность только рекреационно. Из вышесказанного, идеальным было бы использовать уравнения, разработанные из популяций, аналогичных предметам, в которых мы хотим оценить ваш GER. В случае



спортсменов, Есть никаких конкретных уравнений, и только одно уравнение было опубликовано Де Лоренцо и cols. (1999 год) на основе выборки из 51 спортсмена-мужчины (занимается водным поло, каратэ и дзюдо). Уравнение:

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

Тем не менее это уравнение должно быть проверено, а также было бы необходимо разработать уравнения на основе других спортивных популяций, а также для образцов спортсменов.

Другой альтернативой в спортивных популяциях является использование Каннингем (1980) или Ravussin и Богард уравнения (1989), так как они основаны на ММ, что является преимуществом, учитывая, что спортсмены в целом, как правило, имеют более высокую массу MLG и более низкую жировую массу, чем их сидячий сверстников. Хотя MLG обычно не измеряется с помощью очень точных методов (что может быть проблемой для его применения), альтернативой было бы применение антропометрических моделей, таких как 5 Mass Fractionation для оценки (рассматривается в качестве текущей эталонной модели при расчете состава тела на основе антропометрических данных).

Но самое главное, что нужно иметь в виду при расчете GER является то, что большую часть времени это не измеряется непосредственно, но оценивается по разным формулам; разница в полученном результате не только потому, что используемая формула может быть не самой специфической по отношению к популяции, с которой она была разработана, и группе, в которой мы ее применяли, но и потому, что ГЕРБ может быть изменена множеством факторов (возраст, пол, вес, постная масса, менструальный цикл, температура тела, концентрация определенных гормонов, табака, алкоголя, кофеина и т.д.)

Как только мы вычислили GER, мы должны оценить GETD, для которого мы можем использовать различные методы. Ниже мы разработаем некоторые из наиболее распространенных из них.

Метод 1: Факторный метод

Этот метод заключается в том, что после оценки GER это значение умножается на фактор активности, а результат представляет оценку GETD.

Существуют различные варианты, самый простой из которых заключается в использовании глобального фактора активности в течение всего дня, который будет представлять типичный уровень осуществления предмета. Другой способ, гораздо более сложный и трудоемкий, заключается в том, что спортсмен завершает подробный журнал деятельности, и таким образом, стоимость каждого из них и его вклад в общие расходы оценивается; хотя из-за больших усилий, которые это включает в себя, как правило, не используется.

Как правило, факторы от 1,3 до 1,6 используются для расчета у малоподвижных людей или с низким уровнем активности, в то время как значения выше 2 отражают очень активных людей.

Примером использования факторного метода во всем мире является метод, предложенный в 1989 году в издании RDA (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

Nivel de Actividad	Factor de Actividad (x GER)	Gasto energético (kcal/kg/día)
Muy suave		
Hombres	1,3	31
Mujeres	1,3	30
Suave		
Hombres	1,6	38
Mujeres	1,5	35
Moderada		
Hombres	1,7	41
Mujeres	1,6	37
Intensa		
Hombres	2,1	50
Mujeres	1,9	44
Muy Intensa		
Hombres	2,4	58
Mujeres	2,2	51

Fuente: Adaptado de RDA, 1989.

Другим примером факторного метода является метод, предложенный в докладе Национального совета по здравоохранению и медицинским исследованиям (NHMRC) (2006 год). Рекомендации для населения Австралии и Новой Зеландии не имеют различных значений в зависимости от пола и разделяют рекомендации на 6 категорий в соответствии с уровнем АФ (НАФ), при этом 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)

Они подчеркивают, что НФО менее 1,4 несовместимы с независимым образом жизни или способностью зарабатывать себе на жизнь; что NAFs выше 2.5 очень трудно поддерживать в течение длительных периодов времени, и что NAFs 1,75 или более рекомендуется для оптимального состояния



Будьте здоровы. В таблице 2 кратко описаны 6 категорий, рассмотренных в настоящем докладе.

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

Descripción del estilo de vida	Ejemplos de ocupaciones	NAF
1. En reposo, exclusivamente sedentarios o acostados.	Ancianos. Individuos enfermos o incapaces de una movilidad independiente.	1,2
2. Actividad exclusivamente sedentaria; trabajo sentado con poca o ninguna actividad agotadora en el tiempo libre(a).	Empleados de oficinas, mecánicos de precisión.	1,4 - 1,5
3. Actividad sedentaria; trabajo sentado con alguna caminata ocasional y actividad de pie, pero poca o ninguna actividad agotadora de tiempo libre(a).	Personal de laboratorio, conductores, estudiantes, trabajadores en líneas de montaje.	1,6 - 1,7
4. Trabajo realizado predominantemente parado o caminando (a).	Amas de casa, vendedores, camareros, mecánicos, comerciantes.	1,8 - 1,9
5. Trabajo laboral pesado o personas muy activas en su tiempo libre.	Trabajadores de la construcción, agricultores, trabajadores forestales, mineros, atletas de alto rendimiento.	2,0 – 2,4
6. Cantidad significativa de práctica deportiva o actividad agotadora de tiempo libre además de lo indicado en los puntos 2, 3 y 4.		Adicionar unidades extra de 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.



Важно отметить, что оценки потребностей в энергии, полученные с помощью этих методов, являются лишь приблизительными. При использовании для прогнозирования предметных требований полученные значения следует использовать с осторожностью. Всякий раз, когда требуется точное значение, в идеале, ГЕРБ следует непосредственно измерять, а не оценивать, а уровень активности оценивается на основе подробной записи обычной модели активности субъекта.

Метод 2: оценка с помощью двойной пометки техники воды

Эта методология используется в последнем издании DRI (Диетические ссылки Потребление) (Институт медицины, 2005) для расчета REE. В сущности, REE оценивает гег на основе пола, возраста, размера и веса, а затем корректирует это значение в соответствии с ежедневной NAF.

Чтобы отразить большое влияние НАФ на потребности в энергии, в настоящем докладе были созданы четыре категории FFs, которые обобщены в таблице 3. Помните, что NFR отражает соотношение между GETD и GER, т.е. чем выше коэффициент, тем выше количество дневного АФ.

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

Categoría	Nivel de Actividad Física (NAF)	Coeficiente de AF (Hombres / Mujeres)
Sedentario	≥ 1,0 - 1,39	1,00 / 1,00
Poco activo	≥ 1,4 - 1,59	1,11 / 1,12
Activo	≥ 1,6 - 1,89	1,25 / 1,27
Muy activo	≥ 1,9 - 2,5	1,48 / 1,45

Fuente: Adaptado de IOM, 2005.

GE субъекта в сидячей категории, представляет его GER, ETD, а также несколько легких физических нагрузок, связанных с независимым образом жизни (ходьба от дома или работы до автомобиля, сидячий офис работы, такие как ввод, и другие низкоинтенсивные мероприятия).

Что касается других категорий, то в докладе НАФ основывается на количестве дневного АФ, эквивалентном ходьбе со скоростью от 4,8 до 6,4 км/ч (от 3 до 4 миль/ч). Например, он считается недостаточно активным образом жизни (средний NAF x 1.5) для среднего взрослого человека в 70 кг, когда, в дополнение к деятельности, типичной для независимой повседневной жизни, усилия, эквивалентные ходьбе 3,5 км/день на вышеупомянутой скорости (мы говорим о эквивалентных усилиях, уже можно иметь те же расходы энергии, но через другие виды деятельности).

Активный образ жизни считается NAF от 1,6 до 1,89. Тема 70 кг при среднем НАФ 1,75 потребует расходов АФ, эквивалентных ходьбе со скоростью от 4,8 до 6,4 км/ч.



70 кг человек с очень активным образом жизни (NAF среднем 2,2) должны иметь расходы АФ эквивалентно ходьбе на вышеупомянутой скорости, в дополнение к деятельности, типичной для независимого образа жизни. Важно иметь в виду, что не нужно ходить это количество км, так как вы можете достичь аналогичного GE, но за меньшее время, если мы проводим более интенсивные мероприятия.

На основе многочисленных исследований с использованием двойной отмеченной техники воды (DLW), MOM разработала ряд уравнений для оценки GETD (который, как мы уже упоминали, эквивалентен REE в здоровых предметах). Ниже приведены те, для взрослых:

Мужчины в возрасте 19 лет и старше:

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

Женщины в возрасте 19 лет и старше:

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

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

Третья возможность заключается в проведении комбинированного метода, при котором производится общий расчет GE образа жизни субъекта (с помощью факторного метода) и к этому значению добавляется GE плана обучения. Для этого нам нужно будет иметь, с одной стороны, подробную информацию о плане тренировок (вы можете спросить спортсмена напрямую, знает ли он подробно свой план тренировок или имеет об этом запись, или передать тренеру или тренеру по физической культуре), а с другой стороны, со ссылками на данные GE различных видов деятельности. Сборник физической активности Эйнсворта (2000) может быть вариантом, или же, некоторые книги физиологии упражнений питание имеют подробные таблицы GE многочисленных мероприятий

Короче говоря, эта стратегия будет обобщена следующим образом:

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

Доступность энергии

Новая концепция, связанная с энергетическим вкладом для спортсменов, которая приобрела важное значение в последние годы в спортивном питании, заключается в наличии энергии (DE).

Потребление нужного количества энергии является самым основным и основополагающим требованием питания каждого спортсмена (см. в следующем модуле "Принципы спортивного питания"); необходимо поддерживать оптимальную массу тела и состав, достаточный запас топлива, и напрямую связан с поставками почти всех питательных веществ. Однако достижение этой цели в области питания осложняет



тот факт, что люди не имеют сильного биологического привода к адаптации потребления энергии (IE) к GEAF (Loucks, 2014).

В области питания тема энергетики традиционно изучается и управляется на основе концепции энергетического баланса (BE - IE - GE). Концептуально, быть количество диетической энергии, добавленной или потерянной из, запасы энергии тела, после того, как все физиологические системы организма завершили свою повседневную работу. Таким образом, BE является выходом (выходное значение) этих систем (Loucks, 2014; Лоуки, Кинс, Райт, 2011).

Традиционно, в области биологии, в отличие от питания, они изучали влияние энергии, предоставляемой пищей на здоровье и репродуктивную функцию животных, сталкиваются с конкретными экологическими проблемами с точки зрения ЭД, определяется как IE минус GE для выполнения определенной метаболической функции, представляющие интерес. Концептуально, DE количество диетической энергии, оставшейся для всех других физиологических систем после спроса на проценты были удовлетворены. Следовательно, DE является входным (входное значение) для этих систем (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011). Таким образом, в области физиологии упражнения, DE определяется как IE минус GE упражнения или AF осуществляется (DE - IE - GEAF) (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011).

Концепция DE признает, что энергия, предоставляемая пищей, используется для многочисленных функций (например, поддержание клеточной функции, терморегуляция, рост, размножение, иммунитет, движение и т.д.), а энергия, расходуемая на один из этих процессов, недоступна другим.

Очень часто в области питания для оценки потребностей в энергии путем измерения или оценки GE. Однако это может быть ошибкой, так как измерение GE не дает информации о том, функционируют ли физиологические системы в здоровом состоянии. Поскольку физиологические процессы подавляются или замедляются из-за сильно низкого уровня SDs, общее измерение GE или GER будет недооценивать энергетические потребности хронически недоедающих спортсменов (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011).

Гормоны, ответственные за регулирование физиологических процессов, реагируют на доступность энергии, а не на потребление энергии или расход, а также на физические упражнения (Loucks, 2014).

При всем при этом некоторые авторы утверждают, что энергетический баланс не полезен для управления питанием спортсменов (Loucks, 2014; Loucks et al., 2011).

По мере того как работа спортсменов фокусируется на специфических целях в спорте, они подвергаются воздействию к по-разному диетпитаниям и тренировкам которые повлияют на их доступность энергии. Когда спортсмен меняет свою подготовку, чтобы потреблять больше или меньше энергии, диетические изменения становятся важной частью стратегии питания, чтобы увеличить или уменьшить доступность энергии и помочь в управлении составом тела (Loucks et al., 2011).

Спортсмены, которые тратят много энергии на длительные тренировки могут развиться дефицит энергии, даже если они не имеют расстройства пищевого поведения, беспорядочное питание, или даже диетические ограничения.



Вот почему для достижения проблем, FCB спортсмены должны внести соответствующие коррективы в свой рацион, чтобы компенсировать энергию, которая тратится во время участия в их спорте. В таких командных видах спорта, как футбол, среднее количество калорий, потребляемых в одном матче или тренировке, было рассчитано примерно на 1000-1500 килокал (Kcal) (Bangsbo et al., 2006).

Как правило, для здоровых молодых людей и взрослых, диета должна содержать около 45 ккал / кг МС в день (Loucks et al., 2011). Он был поднят в качестве порога, с которого репродуктивная функция и формирование костей будут изменены, значение доступности энергии менее 30 ккал/кг MLG/day; это значение очень близко соответствует значению GER (Loucks, 2004; Loucks et al., 2011). Недостаточное DE также было показано, негативно влияет на иммунную функцию (Loucks et al., 2011). Другими словами, < ккал/кг MLG/day обеспечивает меньше энергии, чем необходимо для нормального функционирования здоровых физиологических систем взрослых в состоянии покоя.

Спортсмены, которые принадлежат к спорту, где тела с низким содержанием жира, как правило, увеличивают свои учебные часы и делают многочисленные попытки похудеть. Известно, что энергия, потребляемая этими спортсменами, может быть очень низкой (Erp van- Vaart et al., 1989; Дальстром и др., 1990). В результате, эти спортсмены более подвержены инфекции верхних дыхательных путей по сравнению со спортсменами, которые поддерживают свой энергетический баланс (Hagmar et al., 2008). Чрезмерная подготовка, плохая хроническая доступность энергии, низкое потребление питательных веществ и психологический стресс, как правило, участвуют в стратегиях потери жира и могут нанести долгосрочный ущерб здоровью, благополучию и, следовательно, производительности. Таким образом, журнализация обучения спорту требует соответствующей журнализации DE для достижения целей обучения и поддержки адаптации.

В ВFC, спортсмены подвергаются интенсивным и длительным тренировкам рекомендуется есть с дисциплиной, т.е. есть определенное количество конкретных продуктов в установленные сроки (Loucks et al., 2011).

Также утверждается, что большое влияние спортсмена оказывает его тренер. С этой точки зрения, реализация стратегий питания не должна быть просто задачей диетолога клуба. Изменение поведения будет наиболее эффективным, когда все сотрудники, влияющие на спортсмена понимают важность DE и стратегии питания. Это достигается за счет семинаров в небольших группах и особенно в руководствах, предназначенных для тренеров.

Управление доступностью энергии

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

- 1) Оценить MLG спортсмена.
- 2) Оценка ежедневной подготовки ГЭ (ГЭ).
- 3) Выберите соответствующее значение DE для спортсмена на основе текущих целей тренировок (таблица 4).
- 4) Расчет суточного IE, требуемого на основе $IE = (MLG \times DE) + EGE$
- 5) Разработать план откорма для покрытия этого EI.



б) Соблюдать план питания, независимо от чувства голода/аппетита спортсмена.

Таблица 4: Соответствующие диапазоны DE в соответствии с желаемой целью

Disponibilidad energética	Objetivo
>45 kcal/kg MLG/día	Ganancia de masa corporal, hipertrofia muscular, sobrecarga de glucógeno.
~45 kcal/kg MLG/día	Mantenimiento de la masa corporal; énfasis en el desarrollo de habilidades motrices.
30-45 kcal/kg MLG/día	Pérdida de masa o grasa corporal

Источник: Адаптировано из Loucks, 2014.

Короче говоря, доступность энергии – это количество энергии, остающейся доступным 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 для оптимизации здоровья и спортивных результатов. Одним из этих преимуществ является то, что расчет DE включает в себя оценку GE обучения, а не общей GE, которая имеет большую степень неопределенности и ошибок. Недавние исследования выявили порог доступности энергии, ниже которого негативно сказывается репродуктивное здоровье и здоровье костей. Такой же порог может применяться и к другим патологическим состояниям, связанным с дефицитом энергии. Кроме того, некоторые физиологические процессы, такие как синтез белка, также могут варьироваться линейно с ЭД.



ССЫЛКИ

Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Leon, A. S., Jacobs, D. R., Jr., Montoye, H. J., Sallis, J. F., & Paffenbarger, R. S., Jr. (1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 25(1), 71-80.

Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., . . . Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 32(9 Suppl), S498-504.

American College of Sports Medicine. (2000). Joint Position Statement: Nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), 2130-2145.

Bangsbo, J., M. Mohr and P. Krstrup (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24(7): 665-674.

Beals, K. A. and N. L. Meyer (2007). Female athlete triad update. *Clin Sports Med* 26(1): 69-89.

Birch, K. (2005). Female athlete triad. *BMJ* 330(7485): 244-246.

Brooks, G. A., Fahey, T. D., & Baldwin, K. M. (2013). *Fisiología do Exercício. Bioenergética humana e suas aplicações.* (4a ed.) (Traducción propia). São Paulo: Phorte.

Burke, L. M. (2001). Energy needs of athletes (Traducción propia). *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl, S202-219.

Coyle, E. F. (1997). Fuels for sport performance (Traducción propia). In D. R. Lamb & R. Murray (Eds.), *Perspectives in Exercise Science & Sport Medicine*, Vol. 10, *Optimizing Sport Performance.* (pp. 95-138). Carmel: Benchmark Press.

Cunningham, J. J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 33(11), 2372-2374.

Dahlstrom, M., E. Jansson, E. Nordevang and L. Kaijser (1990). Discrepancy between estimated energy intake and requirement in female dancers. *Clin Physiol* 10(1): 11-25.

De Lorenzo, A., Bertini, I., Candeloro, N., Piccinelli, R., Innocente, I., & Brancati, A. (1999). A new predictive equation to calculate resting metabolic rate in athletes (Traducción propia). *J Sports Med Phys Fitness*, 39(3), 213-219.

Erp van-Baart, A. M. J., W. H. M. Saris, R. A. Binkhorst, J. A. Vos and J. W.

H. Elvers (1989). Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes. Part II: Mineral and vitamin intake. *Int J Sports Med* 10(suppl. 1): S11-S16.

Flatt, J. P. (1995). Use and storage of carbohydrate and fat (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*,



61(4 Suppl), 952S-959S.

Food and Agricultural Organization, United Nations University, & World Health Organization. (2004). Human energy requirements (Traducción propia). Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Frankenfield, D. C., Roth-Yousey, L., & Compher, C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review (Traducción propia). *J Am Diet Assoc*, 105(5), 775-789.

Frankenfield, D. C., Rowe, W. A., Smith, J. S., & Cooney, R. N. (2003). Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people (Traducción propia). *J Am Diet Assoc*, 103(9), 1152-1159.

Hagmar, M., A. L. Hirschberg, L. Berglund and B. Berglund (2008). Special attention to the weight-control strategies employed by Olympic athletes striving for leanness is required. *Clin J Sport Med* 18(1): 5-9.

Harris, J. A. & Benedict, F. G. (1918). A Biometric Study of Human Basal Metabolism (Traducción propia). *Proc Natl Acad Sci U S A*, 4(12), 370-373.

[Imagen intitulada sobre Adenosín trifosfato]. (s. f.). Recuperada de <http://goo.gl/Yiscll>

Institute of Medicine. (2005). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (Traducción propia). Washington, D.C.: National Academies Press.

Jeukendrup, A. E. & Gleeson, M. (2004). Sport Nutrition (Traducción propia). USA: Human Kinetics.

Leutholtz, B. & Kreider, R. B. (2001). Optimizing Nutrition for Exercise & Sport (Traducción propia). In T. Wilson & N. Temple (Eds.), *Nutritional Health: Strategies for Disease Prevention* (pp. 207-239). Totowa, New Jersey: Humana Press.

Levine, J. A. (2004). Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology (Traducción propia). *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 286(5), E675-685.

Levine, J. A., Eberhardt, N. L., & Jensen, M. D. (1999). Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans (Traducción propia). *Science*, 283(5399), 212-214.

Loucks, A. B. (2003). Introduction to menstrual disturbances in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 35(9): 1551-1552.

Loucks, A. B. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise (Traducción propia). *J Sports Sci*, 22(1), 1-14.

Loucks, A. B. (2014). Energy Balance and Energy Availability (Traducción propia). In R. J. Maughan (Ed.), *Sports Nutrition* (pp. 72-87). Chichester, West Sussex: Wiley Blackwell.



Loucks, A. B., Kiens, B., & Wright, H. H. (2011). Energy availability in athletes (Traducción propia). *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S7-15.

Mahan, L. & Escott-Stump, S. (1999). *Nutrición y Dietoterapia de Krause* (9a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., & Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 51(2), 241-247.

National Health and Medical Research Council (NHMRC). (2006). *Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand* (Traducción propia). Australian Government Department of Health and Ageing and the New Zealand Ministry of Health.

National Research Council. (1989). *Recommended dietary allowances* (10th ed.) (Traducción propia). Washington, D.C.: National Academy Press.

Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Wilmore, J. H. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine (Traducción propia). *JAMA*, 273(5), 402-407.

Pettee, K., Tudor-Locke, C., & Ainsworth, B. E. (2007). The Measurement of Energy Expenditure and Physical Activity (Traducción propia). In I. Wolinsky & J. A. Driskell (Eds.), *Sports Nutrition. Energy Metabolism and Exercise* (pp. 159-189). USA: CRC Press.

Platonov, V. N. (2001). *Teoría General del Entrenamiento Deportivo Olímpico*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Poehlman, E. T. (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 21(5), 515-525.

Ravussin, E. & Bogardus, C. (1989). Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 49(5 Suppl), 968-975.

Ravussin, E. & Swinburn, B. (1993). Energy Metabolism (Traducción propia). In A. J. Stunkard & T. A. Wadden (Eds.), *Obesity: Theory & Therapy* (pp. 97-123): Raven Press.

Reimers, K. J., Ruud, J. S., & Grandjean, A. (1997). *Nutrición Deportiva. Actualización en Ciencias del Deporte*, 5(15), 4-17.

Serra Grima, J. R. & Llach Clamó, M. (1996). Métodos utilizados para cuantificar la intensidad del trabajo físico. . In J. R. Serra Grima (Ed.), *Prescripción del ejercicio físico para la salud* (pp. 117-140). Barcelona: Edit. Paidotribo.

Tortora, G. J. & Derrickson, B. (2008). *Introducción al cuerpo humano* (7a ed.). México D.F.: Ed. Médica Panamericana.



World Health Organization, Food and Agricultural Organization, & United Nations University. (1985). Energy and Protein Requirements (Traducción propia). Technical Report Series N° 724. Geneva: World Health Organization.

