بخش یکم

تغذیه اساسی

انرژی

بخش (۱) فصل (۱)

انرژی شیمیایی غذا تنها شکل انرژی است که انسان می‌تواند برای حفظ یکپارچگی ساختمانی و بیوشیمیایی بدن برای انجام کار داخلی بدن، گردش خون، تنفس، و انقباض عضلات و انجام کار خارجی مورد استفاده قرار دهد. انرژی موجود در رژیم غذایی به‌وسیله پروتئین، کربوهیدرات، چربی و الکل تأمین می‌شود. یک کالری مقدار گرمای لازم برای بالا بردن دمای از ۱۵ به ۱۶ درجه می‌باشد. در عمل، یک کیلوکالری (kcal) که معادل ۱۰۰۰کالری است عموماً در تغذیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، ۴/۱۸۴ KJ برابر با ۱ کالری می‌باشد. تقریباً ۵۰ ٪ انرژی به شکل گرما از بین می‌رود. ۴۵٪ انرژی غذا از طریق تبادلات بیوشیمیایی عمدتاً به‌شکل (ATP) در دسترس بدن قرار می‌گیرد.

انرژی پتانسیل موجود در غذا از طریق سوزاندن کامل آن ماده غذایی در بمب کالریمتر به دی‌اکسیدکربن (CO_2) و آب و محاسبه گرمای آزاد شده به‌دست می‌آید. مقدار واقعی گرمای آزاد شده به ازای هر گرم از غذاها طبق ترکیب شیمیایی آن متفاوت است. این مقادیر به‌طور متوسط برای کربوهیدرات ۴/۱kcal/g، ۹/۳ kcal/g برای چربی و ۵/۴ kcal/g برای پروتئین می‌باشد، این عوامل به‌عنوان فاکتورهای آتواتر شناخته می‌شوند:

نوع غذا	Kcal/gm انرژی ناخالص غذا (حرارت احتراق)	Kcal/gm انرژی قابل هضم	Kcal/gm انرژی قابل متابولیزه‌شدن
کربوهیدرات	۴/۱	۴	۴
پروتئین انرژی قابل متابولیت شدن در پروتئین کمتر است	۵/۶۵	۵/۲	۴
چربی	۹/۴۵	۹	۹
الکل	۷/۱	۷/۱	۷

■ ارزیابی نیازهای انرژی

سطوح مطلوب دریافت انرژی (نیاز تخمینی انرژی EER) باید متناسب با مقدار انرژی مصرفی باشد تا تعادل انرژی برقرار گردد. مقدار مورد نیاز انرژی یک فرد سطحی از دریافت انرژی از غذاست که در تعادل با مصرف انرژی باشد در حالی‌که فرد دارای اندازه و ترکیب بدنی، سطح فعالیت فیزیکی است که متناسب با سلامت طولانی مدت اوست، و به فرد اجازه می‌دهد فعالیت اقتصادی ضروری و فعالیت بدنی مطلوب داشته باشد. در کودکان و زنان باردار یا

شیرده، انرژی مورد نیاز شامل انرژی مورد نیاز برای سنتز بافت‌ها یا ترشح شیر در میزان‌های متناسب با سلامت فرد می‌باشد.

- وزن بدن نماگر کفایت یا عدم کفایت انرژی است ولی نماگر معتبری برای کفایت دریافت درشت‌مغذی یا ریزمغذی‌ها نمی‌باشد.

■ روش‌های اندازه‌گیری انرژی مصرفی

روش‌های اندازه‌گیری انرژی مورد نیاز شامل کالریمتری مستقیم و کالریمتری غیر مستقیم و روش‌های غیر کالریمتری (مانند فرمول‌های تعیین مقدار انرژی) می‌باشد.

کالریمتری مستقیم اندازه‌گیری گرمای آزاد شده از بدن در طول دوره زمانی مشخص است. در این روش نوع سوخت اکسید شده مشخص نمی‌گردد.

کالریمتری غیر مستقیم تولید گرما را به‌صورت غیر مستقیم از اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی (VO_2)، تولید دی‌اکسیدکربن (VCO_2)و کسر تنفسی (RQ) که معادل نسبت VCO_2 به VO_2 است، برآورد می‌نماید.

$$RQ = \frac{\text{مول‌های } CO_2 \text{ خارج‌شده}}{\text{مول‌های } O_2 \text{ مصرف‌شده}}$$ (ضریب تنفسی یا بهره تنفسی Respiratory Quotient)

RQ :
- کربوهیدرات = ۱
- چربی = ۰/۷
- پروتئین = ۰/۸۲
- غذای مخلوط = ۰/۸۵
- اسیدآمینه = ۱-۰/۵۶
- اسید چرب = ۰/۸۱- ۰/۶۹
- کتون بادی‌ها : ۶۵ /۰ ≤

در فرآیند لیپوژنز که کربوهیدرات به چربی تبدیل می‌گردد RQ افزایش می‌یابد و در فرآیند لیپولیز میزان RQ کاهش و به زیر ۰/۷ می‌رسد.

چندین روش **غیر کالریمتری** برای ارزیابی دریافت انرژی ازجمله وزن کردن یا ثبت رژیم غذایی مصرف شده، یادآمدهای خوراک و بسامد خوراک وجود دارد. معمولاً انرژی دریافتی گزارش شده کمتر از انرژی دریافتی معمول است. کم گزارش‌دهی دریافت انرژی از ۱۰٪ تا ۴۵ ٪ بسته به سن، جنس و ترکیب بدن افراد مورد مطالعه متفاوت است.

■ اجزاء مصرف انرژی

نیازهای انرژی در انسان یا کل انرژی مصرفی (Total Energy EXpenditure = TEE) روزانه یک فرد شامل میزان متابولیسم پایه (Basal Metabolic Rate=BMR) و اثر گرمایی غذا (Thermic Effect of food = TEF) و گرمازایی ناشی از فعالیت (Activity Thermogenesis = AT) و کار خارجی و هزینه‌های انرژی برای ذخیره بافت‌های جدید در طول رشد، بارداری و ترشح شیر در طول شیردهی است.

ترکیب بدن (از لحاظ اجزاء انرژی)یک مرد ۷۰ کیلوگرمی			
اجزاء	توده	انرژی	تعداد روز در دسترس (kcal)
آب و املاح	۴۹	۰	۰
پروتئین	۶	۲۴۰۰	۱۳
گلیکوژن	۰/۲	۸۰۰	۰/۴
چربی	۱۵	۱۴۰۰۰۰	۷۸
کل	۷۰	۱۶۴۸۰۰	۹۱

BMR ← ۶۰-۷۰ یا ۷۵ درصد TEE را شامل می‌شود.

EEPA ← متغیرترین جزء هست. ۱۵ -۳۰ درصد TEEرا شامل می‌شود.

BEE ← Basal Energy Expenditure (مصرف انرژی پایه): حداقل مقدار انرژی مصرفی که سازگار با زندگی است. مقدار انرژی صرف شده در ۲۴ ساعت توسط یک فرد است که در استراحت جسمی و ذهنی در محیط خنثی از نظر حرارتی که مانع از فعال شدن فرآیندهای تولیدگرما مانند لرزیدن می‌گردد، قرار دارد.

صرف اضافی اکسیژن پس از ورزش (EPOC): ۸ تا ۱۴ درصد افزایش میزان متابولیکی بعد از ورزش

BMR ← Basal Metabolic Rate (میزان متابولیسم پایه)← به‌صورت میزان انرژی مصرفی(EE) در وضعیت پس از جذب بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی شبانه تعریف می‌شود. BMR زمانی که فرد طاق‌باز خوابیده و بیدار و بی‌حرکت است در یک محیط خنثی حرارتی اندازه‌گیری می‌شود.

BMR انرژی مورد نیاز برای تأمین فعالیت‌های متابولیکی سلول‌ها و بافت‌ها به‌علاوه انرژی مورد نیاز برای جریان خون و تنفس در زمان بیداری است. میزان متابولیکی خواب (SMR) تقریباً ۵٪ تا۱۰٪ پایین‌تر از BMR می‌باشد.

BMR تحت تأثیر سن، جنس، ترکیب بدنی و وضعیت تغذیه و سلامتی قرار دارد. به‌طور عملی، میزان متابولیسم در استراحت (RMR)، اغلب بجای BMR به‌کار برده می‌شود. برحسب تعریف، RMR، در همان شرایط BMR محاسبه می‌شود به‌جز اینکه برای محاسبه آن به دوره ناشتایی ۳ تا ۴ ساعت نیاز است و اینکه چه ساعتی از روز باشد و فعالیت فیزیکی قبل از آزمایش کنترل نمی‌شوند. ولی دقت BMR بیشتر از RMR است.

در گذشته BMR براساس سطح بدن در نظر گرفته می‌شده است ولی امروزه بر اساس وزن بدن یا توده بدون چربی (FFM) استاندارد می‌شود. که لگاریتم میزان متابولیکی تابعی از وزن بدن می‌باشد که به شکل زیر می‌باشد. WT وزن بدن به کیلوگرم و BMR کیلوکالری به ازای کیلوگرم به توان سه‌چهارم در هر روز می‌باشد.

$$BMR = ۷۰WT^{3/4}$$

توده بدون چربی بهترین پیش‌بینی‌کننده RMR است و ۷۳٪ تفاوت‌ها در RMR به آن بستگی دارد؛ توده چربی تنها در ۲٪ تفاوت‌ها تأثیر دارد.

REE ← انرژی مصرفی در استراحت (REE) انرژی صرف شده در فعالیت‌های ضروری برای تأمین عملکردهای طبیعی و هموستاز بدن است. این فعالیت‌ها شامل تنفس و گردش خون، سنتز ترکیبات آلی، پمپ یون‌ها از طریق غشاها، انرژی صرف شده توسط سیستم عصبی مرکزی و نگهداری حرارت بدن است.

حدود ۶۰ درصد از REE توسط کبد، مغز، قلب و کلیه‌ها تولید می‌شود.

BMR به‌صورت $Kcal / kg / hr$ (کیلوکالری در کیلوگرم در ساعت) بیان می‌گردد.

میزان BMR در بافت‌های مختلف:
- کبد ← ۲۹ درصد (بیشترین)
- مغز ← ۱۹ درصد
- عضله ← ۱۸ درصد
- قلب ← ۱۰ درصد
- کلیه ← ۷ درصد
- بافت چربی ← ۴ درصد

■ عوامل مؤثر بر میزان REE
(اصلی‌ترین: اندازه و ترکیب بدن)

۱. اندازه بدن

- افراد با اندازهٔ بزرگ‌تر بدن دارای BMR بالاتری هستند.
- افراد قد بلند و لاغر میزان متابولیسم بالاتری از افراد کوتاه قد و پهن دارند.

در افراد بیمار محرک‌های تنش زا سبب کاهش یا افزایش انرژی مصرفی می‌شوند.

- فرد بلند قدتر با مساحت بیشتر بدن میزان متابولیسم بالاتری دارد. (قدبلند چاق بیش از همه)
- کودکان چاق دارای RMR بالاتری از کودکان لاغر هستند. (ولی وقتی برای ترکیب بدن، توده چربی و بدون چربی مطابقت داده شود تفاوتی وجود نخواهدداشت)

تودهٔ بدون چربی بدن همبستگی زیادی با اندازهٔ کل بدن دارد.

۲. ترکیب بدن

توده بدون چربی (Fat Free Mass = FFM) تعیین‌کننده REE است. (۸۰% تفاوت‌های مصرف انرژی استراحت مربوط به آن است)

$BMR \uparrow = FFM \uparrow$

ورزشکاران به‌علت FFM بالاتر دارای ۵ درصد متابولیسم پایه بالاتری در مقایسه با افراد غیر ورزشکار هستند.

۳. سن

- REE در دورآن‌های رشد سریع به‌خصوص در سال‌های اول و دوم زندگی در بالاترین حد خود قرار دارد.

$BMR \downarrow \leftarrow$ سن $\uparrow$

میزان افزایش انرژی مورد نیاز برای رشد در سنین مختلف عبارتند از:

- ۰–۳ ماهگی ← ۱۷۵ Kcal
- ۴–۶ ماهگی ← ۵۶ Kcal
- ۷ تا ۱۲ ماهگی: ۲۲
- ۱۳ تا ۳۵ ماهگی: ۲۰
- ۳ ساله –۸: ۲۰ +
- ۹– ۱۸ ساله : ۲۵ +

مقدار انرژی اضافه برای سنتز و ذخیره بافت‌های بدن حدود ۵ کیلوکالری به ازاء هر گرم بافت جدید است.

شیرخواران در حال رشد ۱۲–۱۵ درصد انرژی حاصل از غذاهای دریافتی خود را به‌صورت بافت جدید ذخیره می‌کنند. وقتی کودک بزرگ‌تر می‌شود نیاز برای رشد به یک درصد کل انرژی مورد نیاز کاهش می‌یابد و درزمان بلوغ ۴ درصد انرژی دریافتی است.

بعد از اوایل بزرگسالی به ازای هر دهه سن حدود ۱-۲ درصد یا ۳-۲ درصد کاهش در RMR به ازای هر کیلوگرم بافت بدون چربی بدن ایجاد می‌شود. (این کاهش را می‌توان با ورزش تعدیل کرد)

٤. جنس

میزان متابولیسم در زنان ۵–۱۰ درصد به علت تفاوت ترکیب و جثه بدن کمتر از مردان با وزن و قد یکسان است. نسبت چربی به عضله در زنان بیشتر از مردان است.

۵. وضعیت هورمونی

هیپرتیروئیدی باعث افزایش BMR می‌گردد.

هیپوتیروئیدی باعث کاهش BMR می‌گردد.

- تحریک سیستم سمپاتیک برای مثال در هیجانات احساسی یا استرس سبب ترشح اپی‌نفرین می‌شود. اپی‌نفرین سبب افزایش تجزیه گلیکوژن و فعالیت سلولی می‌گردد.

مقادیر هورمون رشد درون‌زا در بزرگسالان سالم ارتباطی با RMR ندارد.

BMR با سیکل قاعدگی تغییر می‌کند. در فاز لوتئال (بین تخمک‌گذاری و شروع عادت ماهیانه) کمی افزایش می‌یابد. یک هفته قبل از تخمک‌گذاری میزان BMR به کمترین میزان (۶–۱۵ درصد) کاهش پیدا می‌کند. و بلافاصله قبل از شروع قاعدگی به بیشترین میزان می‌رسد. محدودهٔ تغییرات BMR در سیکل جنسی حدود ۱۵۰ کیلوکالری است.

- در اواخر بارداری به علت رشد زیاد جنین و سنتز بافت‌های جدید BMR ۱۵ درصد افزایش پیدا می‌کند.
- در اواخر بارداری جنین مسئول ۵۰ درصد افزایش BMR مادر است.
- به‌طور متوسط در بارداری در هر هفته BMR حدود ۱۱ کیلوکالری افزایش می‌یابد. (به‌علت رشد رحم، جفت و جنین)
- در دوران شیردهی میزان BMR ۴ تا ۵ درصد افزایش پیدا می‌کند.
- زنان شیرده در۶ماه اول شیردهی ماهانه به‌طورمتوسط ۰/۸ کیلوگرم وزن کم می‌کنند.
- در ۶ ماه اول شیردهی، ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوکالری در روز از چربی‌های ذخیره‌شده در دوران بارداری (۳/۸ کیلوگرم چربی) تأمین می‌گردد.

٦. سایر عوامل

افزایش درجه حرارت باعث افزایش BMR می‌گردد و به‌طوری که به ازای هر درجه افزایش در حرارت بدن بیش از ۳۷C° حدود ۱۳ درصد افزایش در میزان متابولیسم ایجاد می‌گردد.

- RMR افرادی که در آب و هوای گرمسیری زندگی می‌کنند، ۲۰–۵ درصد بالاتر از افرادی است که در نواحی معتدل زندگی می‌کنند.
- ورزش کردن در دمای بالاتر ۳۲/۳ C° سبب افزایش حدود ۵ درصد در میزان متابولیسم می‌شود که ناشی از افزایش فعالیت غدد عرق است.
- میزان افزایش متابولیسم در محیط‌های خیلی سرد بستگی به مقدار چربی بدن و پوشش فرد دارد.
- در افرادی که دچار سوءتغذیه هستند BMR حدود ۲۰ درصد کاهش پیدا می‌کند.
- استفاده از نیکوتین سبب ۳–۴ درصد افزایش BMR در مردان و تا ۶ درصد در زنان شده است.
- مصرف الکل در زنان تا ۹ درصد سبب افزایش RMR گردید

گرلین و پپتید YY هورمون‌های روده‌ای هستند که در تنظیم اشتها و هموستاز انرژی نقش دارند.

دریافت کافئین به مقدار ۲۰۰ تا ۳۵۰ میلی‌گرم در مردان و حدود ۲۴۰ میلی‌گرم در زنان به ترتیب سبب ۷ تا ۱۱ و ۸ تا ۱۵ درصد افزایش در RMR گردید.

داروهای آمفتامین، افدرین و برخی از داروهای ضدافسردگی سبب افزایش BMR می‌گردد.

بتانیدین، رزرپین، پروپرانولون سبب کاهش BMR می‌گردد.

■ اثر گرمایی غذایی

گرمازایی موجب افزایش متابولیسم پایه در پاسخ به محرک‌هایی می‌شود که با فعالیت عضلانی ارتباطی ندارند محرک‌ها شامل غذا خوردن مواجهه با سرما و گرما می‌باشند. اثر گرمایی ناشی از غذا با علائم مختلفی نشان داده می‌شود:

TEF ← Thermic Effect of food ← اثر گرمایی غذا

DIT ← Diet –induced Thermogenesis ← گرمازایی القاشده از غذا

SDA ← Specific Dynamic Action ← عمل دینامیکی ویژه غذا

SEF ← Specific Effect of food ← اثر ویژه غذا

TEF حدود۱۰ درصد TEEرا شامل می‌شود.

گرمازایی دو جز دارد: گرمازایی اجباری و گرمازایی اختیاری

TEF اجباری ← انرژی مورد نیاز برای هضم، جذب و متابولیسم مواد مغذی است که شامل سنتز ذخیره پروتئین، چربی و کربوهیدرات هست.

TEF اختیاری

- انرژی صرف شده اضافه بر گرمازایی اجباری است.
- ناشی از عدم کارایی متابولیکی سیستم که با فعالیت اعصاب سمپاتیک تحریک شده است.

ترکیب مواد غذایی تأثیر عمده‌ای در میزان TEF دارد.

میزان TEF ← از غذای پروتئینی > کربوهیدراتی > چربی ← چربی تنها با ۴ درصد اتلاف کالری ذخیره می‌شود درحالی‌که این اتلاف در مورد تبدیل کربوهیدرات به چربی برای ذخیره شدن ۲۵ درصد است. (چربی چاق‌کننده‌تر است)، گرمازایی غذا از ۵٪ تا۱۰٪ برای کربوهیدرات، ۰٪ تا ۵٪ برای چربی و۲۰٪ تا۳۰٪ برای پروتئین‌ها متفاوت است. یک وعده مخلوط معادل انرژی مصرف شده تا تقریباً ۱۰٪ از کالری مصرف شده را افزایش می‌دهد.

گرمازایی ناشی از سرما و گرما به افزایش انرژی مصرف شده EE مربوط می‌شود یعنی افزایش انرژی مصرفی به دمای محیط پایین‌تر یا بالاتر از دمای خنثی مربوط می‌شود. مطالعات متعددی حاکی از آن هستند که دماهای پایین و طبیعی ۲۰°C تا ۳۰°C موجب افزایش ۲٪ تا ۵ ٪ انرژی مصرف شده EE در مقایسه با دمای ۲۴°C تا ۲۷°C می‌شوند.

در زنانی که برنامه غذا خوردن منظم دارند نسبت به زنانی که برنامه غیرمنظم دارند اثر گرمایی غذا بیشتر است.

بافت چربی قهوه‌ای (BAT) درگرمازایی اختیاری نقش دارد. UCP1 در غشای داخلی میتوکندری BAT مسئول فرایند گرمازایی تطبیقی می‌باشد. UCP1به آدیپوسیت‌های قهوه‌ای اجازه می‌دهد گرادیان الکتروشیمیایی پروتون را منتشر کند که موجب سنتزATP به‌طور طبیعی می‌شود. ذخایر چربی قهوه‌ای انسان در نواحی سوپرکلاویکولار گردن و قسمت بالای ائورت و قسمت‌هایی از فوق کلیه‌ها وجود دارد. فعالیت BAT شدیداً در مواجه با سرما القا می‌شود. و با سیستم عصبی سمپاتیک تحریک می‌شود.

کافئین می‌تواند BMR را تا ۱۰٪ الی ۳۰٪ به مدت ۱-۳ ساعت افزایش دهد.
مصرف کافئین در حد نرمال می‌تواند سبب افزایش متوسط ۳٪ در TEE شود.
داروهایی مانند آمفتامین‌ها، افدرین و برخی داروهای ضد افسردگی که محرک سیستم عصبی سمپاتیک هستند متابولیسم را افزایش می‌دهند، در صورتی که پروپرانولول، رزرپین یا بتانیدین ممکن است متابولیسم را کاهش دهند.
اثر سیگار بر BMR مشخص نیست، اما یک مطالعه افزایش ۱٪ انرژی مصرفی را در ۲۴ ساعت در اتاق کالریمتری با مصرف ۲۴ سیگار نشان داد.
غذاهای ادویه‌دار (حاوی فلفل و خردل) سبب ۳۳ درصد افزایش در میزان متابولیسم (TEF) می‌گردند و این اثر برای بیش از ۳ ساعت ادامه می‌یابد. (ادویه ← افزایش TEE و طولانی کردن این افزایش)
اکسیداسیون درشت مغذی‌ها در افراد لاغر و چاق تفاوتی ندارد.
کافئین، کاپسازین و انواع چای (از جمله چای سیاه اولانگ) مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی را می‌افزایند.
اگرچه TEE به سایز و میزان درشت‌مغذی‌ها در وعده‌های غذایی بستگی دارد ولی ۳۰ تا ۹۰ دقیقه بعد از هضم کاهش می‌یابد.

■ گرمازایی فعالیت AT

فعالیت‌های جسمی متغیرترین جزء TEE هست که ممکن است از ۱۰۰ کیلوکالری در روز در یک فرد با فعالیت نشستنی تا ۳۰۰۰ کیلوکالری در یک فرد خیلی فعال متغیر باشد. (عمده‌ترین تغییرات فعالیت غیر ورزش روزانه است). سطح فعالیت بدنی (PAL) نسبت TEE به BEE (TEE/BEE) است و معمولاً برای توصیف سطح فعالیت های معمول استفاده می‌شود.

داراس دو جز است:

- NEAT
- EAT

انرژی صرف شده در فعالیت‌های روزمره زندگی، گرمازایی ناشی از فعالیت‌های غیر ورزشی Nonexercise Activity Thermogenesis (NEAT) نامیده می‌شود. (شامل همه فعالیت‌ها به جز خواب و خوردن و ورزش می‌شود)

- با افزایش سن AT (گرمازایی ناشی از فعالیت) کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تودهٔ بدون چربی و افزایش در تودهٔ چربی بدن است.
- مردان AT بالاتری نسبت به زنان دارند چون توده عضلانی آنها بیشتر است.

گرمازایی فعالیت به جثه بدن و عادات حرکتی فرد بستگی دارد. تناسب اندام بر انرژی مصرفی و فعالیت‌های اختیاری اثر دارند.
مدت و شدت فعالیت جسمی، مصرف اضافی اکسیژن پس از ورزش را افزایش می‌دهد و منجر به بالا ماندن میزان متابولیکی پس از اتمام ورزش می‌شود. ورزش عادتی میزان متابولیکی را به ازای واحد بافت فعال زیاد نمی‌کند ولی در مردانی که فعالیت متوسط دارند ۸ تا ۱۴ درصد متابولیسم را زیاد می‌کند که ناشی از افزایش توده بدون چربی است. این تفاوت بیشتر مربوط به فرد است و با فعالیت ارتباط ندارد.
RQ بالاتر با سنتز چربی، بافت بیشتر کربوهیدرات و کالری کل مرتبط است. RQ پایین در افراد با دریافت ناکافی مواد مغذی وجود دارد. (مثل بیماران). RQ حساسیت و ویژگی پایین در شناسایی بیش‌خواری و کم‌خواری دارد.
غذا، کافئین و الکل و نیکوتین سبب افزایش RMR می‌شوند و قبل از کالری متری غیرمستقیم مصرف آن‌ها باید محدود شود. در افراد سالم حداقل ۵ ساعت ناشتا بودن بعد از صرف وعده اصلی و میان وعده توصیه می‌شود. از کافئین به مدت حداقل ۴ ساعت و از الکل و دخانیات به مدت حداقل ۲ ساعت باید پرهیز شود. تا ۲ ساعت پس از ورزش متوسط و بلافاصله بعد از ورزش مقاومتی شدید آزمایش انجام نشود. فاصله زمانی ۱۴ ساعت بعد از ورزش استقامتی شدید توصیه می‌شود. در روز آزمایش قبل از اندازه گیری ۲۰-۱۰ دقیقه استراحت داده شود. دقت اندازه گیری را ۵ دقیقه بعد از آزمایش می‌توان تعیین کرد.
مصرف سوبسترا در طول ورزش عمدتاً به شدت نسبی ورزش بستگی دارد. چربی منبع اصلی انرژی در عضله و تمام سطح بدن در طول استراحت و ورزش ملایم می‌باشد. همانطور که شدت ورزش افزایش می‌یابد تغییر استفاده از چربی به کربوهیدرات اتفاق می‌افتد. عوامل دیگر مثل طول ورزش، جنس، وضعیت تمرین و سابقه رژیمی نقش ثانویه را بازی می‌کند.
میزان اوج اکسیداسیون چربی در تقریباً ۴۵٪ VO_2 Max ایجاد می شود و در ورزش‌های بیش از ۵۰٪ VO_2 Max، اکسیداسیون بافت بدون چربی در عضله کاهش می‌یابد، که هر دو بصورت درصدی از انرژی کل و در یک پایه ثابت هستند. کربوهیدرات منبع اصلی انرژی گلیکوژن عضله می‌باشد که به‌وسیله گلوکز خون و لاکتات تأمین می‌شود.

اگر ورزش بیش از ۶۰ تا ۹۰ دقیقه ادامه یابد، اکسیداسیون چربی به‌عنوان منابع سوخت کربوهیدراتی افزایش خواهد یافت که تخلیه می‌شود. در این مورد، شدت ورزش باید کاهش یابد، بایستی بدلیل تخلیه گلیکوژن عضله، کاهش گلوکز خون و خستگی کاهش یابد.

- درزمان تولید کتون بادی‌ها (لیپولیز) RQ به زیر ۰/۷ می‌رسد.
- اسپیرومترماکس پلانگ، Canopies , Hood، کیسهٔ داگلاس از جمله روش‌های کالری متری غیرمستقیم هست.

■ روش غیرکالریمتری اندازه‌گیری TEE

DLW آب نشاندار (Doubly Labeled water)

اساس روش: تولید دی‌اکسید کربن می‌تواند از اختلاف در میزان دفع هیدروژن و اکسیژن بدن برآورد شود.

بعد از تجویز مقداری آب نشاندار شده با اکسید دوتریم (^2H_2o) و اکسیژن ۱۸ ($H_2{}^{18}o$)، دوتریم از بدن به‌صورت آب و اکسیژن ۱۸ به‌صورت آب و دی‌اکسید کربن دفع می‌شوند. اختلاف بین این دو نشان‌دهندهٔ دی‌اکسید کربن تولید شده است. سپس با استفاده از روش کالری متری غیرمستقیم از دی‌اکسید کربن تولید شده برای محاسبه انرژی صرف شده استفاده می‌گردد.

مزایای روش

روش ایده‌آل برای اندازه‌گیری انرژی کل مصرفی جوامع

- اندازه‌گیری انرژی مصرفی شامل کلیه اجزای انرژی کل مصرفی روزانه یعنی انرژی مصرفی در استراحت، اثر گرمایی غذا و گرمازایی ناشی از فعالیت هست.
- این روش در افرادی مانند شیرخواران، کودکان خردسال، سالمندان و افراد ناتوان به‌خوبی کاربرد دارد.
- دقت این روش ۸-۲ درصد است. دقت بالایی دارد.
- فرد قادر به انجام فعالیت‌های عادت روزانه در طول اندازه‌گیری است.
- شاخص دقت دیگر روش‌هاست.
- روش استخراج معادلات مختلف

معایب: هزینه بالا و نیاز به افراد متخصص (لذا کاربرد روزانه ندارد)

روش‌های اندازه‌گیری ترکیب بدن

این روش‌ها شامل وزن کردن زیرآب یا DXA, Hydro densitometry یا DEXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry)، حجم‌سنجی جابه‌جایی هوا (برای مثال Bod pod) می‌باشند.

- روش وزن کردن زیرآب ← تعیین چربی بدن

درروش وزن کردن زیرآب چگالی بدن فرد اندازه‌گیری می‌گردد.

روش وزن کردن زیرآب روش استاندارد طلایی برای اندازه‌گیری ترکیب بدن هست.

چگالی بدن = وزن خشک قبل از وزن کردن در زیرآب ـ وزن زیرآب (چربی بیشتر یعنی چگالی کمتر و وزن زیرآب کمتر)

DEXA

- معتبرترین روش هست.
- هم بافت چربی و هم بافت بدون چربی و املاح استخوانی با این روش قابل اندازه‌گیری هستند.

از ۲ روش دیگر نیز می‌توان توده عضلانی را اندازه‌گیری کرد:

۱. نسبت کراتینین به قد

۲. اندازه‌گیری دور عضلهٔ بازو (SFA)

هر یک میلی‌گرم دفع کراتی نین از ادرار نشان‌دهندهٔ ۱۷ کیلوگرم FFM است.

روش BIA (Bioelectrical impedance Analysis) مقاومت بیوالکتریکی

برای تعیین تودهٔ بدون چربی است.

برای برآورد کل آب بدن یک فرد استفاده می‌شود.
از روش BIA میزان پتاسیم بدن را می‌توان اندازه‌گیری کرد.
میزان پتاسیم بدن رابطه مستقیمی با FFM (Free Fat mass) دارد.

روش‌های اندازه‌گیری EEPA ← از روش DLW همراه با کالری متری غیرمستقیم

انرژی صرف شده در ارتباط با فعالیت را توسط روش آب نشاندار DLW، استفاده از پایش کنندهٔ تک محور Caltrac، استفاده از پایش کننده سه محوری به نام tracmor بهتر از تک محوری، استفاده از پایش ضربان قلب روش قابل اعتماد در کودکان سالم با زندگی معمولی، استفاده از پرسشنامهٔ فعالیت جسمی می‌توان اندازه گیری کرد.

- درصد افرادی که غذای دریافتی خود را کمتر برآورد یا گزارش می‌کنند ۴۵–۱۰ درصد است که بستگی به سن، جنس و ترکیب بدن آن‌ها دارد.
- با افزایش سن و چاقی در زنان کمتر برآورد کردن غذای دریافتی شایع‌تر است.

معادله هریس ـ بندیکت REE را ۲۴-۷ درصد بیشتر برآورد می‌کنند.

روش Caltract: برای اندازه‌گیری فعالیت برخی کودکان در شرایط کنترل شده مناسب است ولی در شرایط معمول زندگی مناسب نیست. برای اندازه‌گیری انرژی مصرفی بزرگسالان در مقایسه با DLW بهتر است. هرچند برای افراد مناسب نیست ولی در گروه‌های جمعیتی مناسب است.

اندازه‌گیری اثر گرمایی غذا: اندازه‌گیری واقعی آن فقط برای مقاصد تحقیقاتی کاربرد دارد.

انرژی اضافه علاوه بر میزان متابولیتی پایه بعد از صرف غذا است که تا ۵ ساعت بعد از صرف غذا هزینه ساعت یک بار محاسبه می‌شود.

روش‌های با دقت کنترلی ارزان‌تر: تن‌سنجی چین پوستی (SFA) و مقاومت بیوالکتریکی (BIA).

۱۰ کیلوکالری در روز برای مردان و ۷ کیلوکالری در روز برای زنان برای هر سال سن بیشتر از ۱۹ سال از (Estimated Energy Re quirement) EER باید کم گردد.

برآورد انرژی مصرفی فعالیت‌های انجام‌شده با استفاده از معادل‌های متابولیکی

مصرف انرژی با مقدار اکسیژن متابولیزه شده توسط بدن تعیین می‌شود. معادل‌های متابولیکی واحد های اندازه‌گیری هستند که در ارتباط با میزان متابولیکی فرد در فعالیت‌های جسمی انجام‌شده با شدت‌های متفاوت می‌باشند و به‌صورت ضریبی از RMR بیان می‌شوند.

آبجو، چیپس، ذرت بوداده، پیتزا، چوب شور، شیرینی‌ها و بیسکویت‌ها و کیک‌ها و دسرها، غلات آماده مصرف، مخلوط‌های گوشتی و چاشنی‌ها و شیر همراه غلات آماده و نوشابه‌ها (غیر رژیمی) از جمله معمول‌ترین غذاهایی هستند که کم گزارش می‌شوند.

PAL (physical activity level) عبارت است از نسبت کل انرژی مصرفی به انرژی مصرفی پایه

$$PAL = \frac{TEE}{BMR}$$

- بسیار فعال = ۲–۲/۸
- فعال = ۱/۴–۱/۷
- کم تحرک = ۱/۳ –۱/۵
  - بی‌تحرک ۱/۳۹ –۱
  - کم‌تحرک ۱/۵۹ –۱/۴
  - فعال ۱/۸۹ –۱/۶
  - بسیار فعال ۲/۵ –۱/۹

- نمایه تودهٔ بدن BMI = Body mass index از تقسیم وزن (به کیلوگرم) به توان دوم قد (به متر) تعیین می‌شود.
  قبلاً توصیه نیاز انرژی بر اساس میزان دریافت انرژی تعیین می‌شود ولی امروزه براساس مصرف انرژی است.
- میزان BMR در نوزادان $kcal / kg$ ۶۰–۴۳ است که ۲ تا ۳ برابر بزرگسالان است.
- یک جنین در رحم مادر در سه ماههٔ آخر بارداری حدود $kcal / kg$ ۵۶ انرژی مصرف می‌کند.
- در طی دوران بارداری ۹۲۵ گرم پروتئین و ۳/۸ کیلوگرم چربی در بدن مادر ذخیره می‌گردد.
- در طول دوران بارداری به ۴۱۵۰۰ کیلوکالری انرژی اضافی نیاز است.

روش دوم تعیین انرژی فعالیت و به فرمول‌های موجود در جدول Δ PAL+1/1

Metabolic equivalents = MET: معادل متابولیکی مساوی با اکسیژن متابولیزه شده در استراحت است (۳/۵ml اکسیژن به ازاء کیلوگرم وزن بدن در هر

دقیقه در بزرگسالان) و می‌تواند به‌صورت ۱ کیلوکالری به ازاء کیلوگرم وزن بدن در ساعت بیان می‌شود. (ساعت × وزن بدن (کیلوگرم) ×۱ کیلوکالری)
مثال: فرد ۶۵ کیلوگرمی در حال پیاده‌روی با سرعت ۴ مایل در طول یک ساعت کیلوکالری ۲۹۳ = ۱×۴/۵×۶۵

مصرف انرژی بزرگسالان می‌تواند با استفاده از مقادیر متابولیکی با ضرب کردن وزن بدن به کیلوگرم در مقدار معادل متابولیکی و مدت فعالیت برآورد شود.

- یک تخم‌مرغ متوسط (۵۰ گرم) متشکل از پروتئین (۱۳٪)، چربی (۱۲٪) و کربوهیدرات (۱٪)، ۸۲ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند.
- کربوهیدرات به ازاء هر لیتر اکسیژن مصرفی انرژی بیشتری تولید می‌کند.
- به ازای هر گرم چربی، اکسیژن بیشتری مصرف می‌شود و دی‌اکسید کربن بیشتری تولید می‌شود.
- به ازای هر گرم پروتئین، دی‌اکسید کربن کمتری تولید می‌شود. (بر طبق جدول RQ)
- در حالت پس از جذب FFA اسیدهای چرب آزاد (Free Fatty Acid) به‌طور عمده توسط عضلات اکسید می‌شوند، درحالی‌که در حالت تحت فشار اول گلیکوژن عضلات و بعد انتقال FFA از ذخایر چربی عضلات و بافت چربی صورت می‌گیرد.
- اکسیداسیون الکل به غلظت الکل و فعالیت الکل دهیدروژناز کبدی بستگی دارد.
- اکسیداسیون الکل، اکسیداسیون سایر مواد برای تولید ATP را کاهش می‌دهد.

  الکل (اتانول): ۸۰٪ ATP , ۲۰٪ گرما
- نوشیدنی های الکلی در افراد سالمی که رژیم غذایی کافی دریافت می‌کنند، می‌تواند باعث افزایش وزن شود. بر خلاف آن اثر فارماکولوژیک اتانول زیاد، می‌تواند خوردن طبیعی را مهار و موجب لاغری افراد الکلی گردد.

انرژی خالص مواد غذایی توسط کالری متری بمبی محاسبه می‌شود.

جدول: مقادیر دریافت‌های غذایی مرجع انرژی برای افراد فعال

EER سطح فعالیت جسمی فعال (کیلوکالری در روز)				
گروه	معیار	مذکر	مؤنث	
شیرخواران ۰–۶ ماه ۶–۱۲ ماه	انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده	۵۷۰ ۷۴۳	۵۲۰ (۳ ماهگی) ۶۷۶ (۹ ماهگی)	برآورد انرژی براساس انرژی مصرفی فرد بزرگسال روی دستگاه پیاده‌روها با سرعت ۳ تا ۴ مایل در ساعت است. ۲ مایل در روز برای کمی فعال، ۷۰ مایل برای فعال و ۱۷ مایل برای بسیار فعال
کودکان ۱–۲ سال ۳–۸ سال ۹–۱۳ سال ۱۴–۱۸ سال	 انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده انرژی مصرف شده + انرژی ذخیره شده	 ۱۰۴۶ ۱۷۴۲ ۲۲۷۹ ۳۱۵۲	 ۹۹۲ (۲۴ ماهگی) ۱۶۴۲ (۶ سالگی) ۲۰۷۱ (۱۱ ماهگی) ۲۳۶۸ (۱۶ سالگی)	
بزرگسالان ۱۸ < سال	انرژی مصرف شده	۳۰۶۷	۲۴۰۳ (۱۹ سالگی)	
زنان باردار ۱۸ – ۱۴ سال	EER نوجوانان مؤنث + تغییر در $TEE^{۴}$ + انرژی ذخیره شده در بارداری			
سه ماهه اول سه ماهه دوم سه ماهه سوم			۲۳۶۸ (۱۶ سالگی) ۲۷۰۸ (۱۶ سالگی) ۲۸۲۰ (۱۶ سالگی)	
۵۰ – ۱۹ سال	EER بزرگسالان مؤنث + تغییر در TEE + انرژی ذخیره شده در بارداری			
سه ماهه اول سه ماهه دوم سه ماهه سوم			۲۴۰۳ (۱۹ سالگی) ۲۷۴۳ (۱۹ سالگی) ۲۸۵۵ (۱۹ سالگی)	
زنان شیرده ۱۸ – ۱۴ سال	EER نوجوانان مؤنث + انرژی شیر ـ کاهش وزن			
شش ماهه اول شش ماهه دوم			۲۶۹۸ (۱۶ سالگی) ۲۷۶۸ (۱۶ سالگی)	
۵۰ – ۱۹ سال	EER بزرگسالان مؤنث + انرژی شیر ـ کاهش وزن			
شش ماهه اول شش ماهه دوم			۲۷۳۳ (۱۹ سالگی) ۲۸۰۳ (۱۹ سالگی)	