



Mätning av in- och utandningsluftens nivåer av syre och koldioxid är ett sätt att följa kroppens energiomsättning.

Människor har olika förmåga att utnyttja näringen i maten och det får konsekvenser för hur vi mår. Utan balans mellan vad vi äter och vad vi förbrukar finns risk för att vi blir överviktiga eller undernärda. Artikeln handlar om hur man kan mäta energi som tas upp och avges och är en uppföljning av Bioresursdagarna hösten 2012.

Hur vet vi hur mycket vi behöver äta? Det har du säkert funderat på själv många gånger, men frågan är central även för forskaren som vill förstå och kunna mäta processerna i kroppen.

Vid det energimetaboliska forskningslaboratoriet vid enheten för klinisk nutrition och metabolism, Uppsala universitet och Akademiska barnsjukhuset, mäter man energibalansen hos patienter som har övervikt och fetma, neurologiska funktionshinder, cystisk fibros, endokrina sjukdomar och mag-tarmsjukdomar. Undersökningar görs även på idrottare i alla åldrar. Vid laboratoriet utförs också många studier kring kost, fysisk aktivitet och livsstilsförändringar på barn, ungdomar och vuxna.

Frågor kring mat och fysisk aktivitet är även intressanta att diskutera i skolan för att eleverna ska bli medvetna om hur kroppens energibalans påverkas. Låt eleverna arbeta med dataprogram för att beräkna energiinnehållet i

Människans energiomsättning

Text: Roger Olsson, näringsfysiolog.
Klinisk nutrition och metabolism, Uppsala Universitet

maten de äter och registrera sin fysiska aktivitet. Mer om skolaktiviteter finns på sidan 13.

Individuella skillnader

Att mäta den energi som tas upp och som avges av en människokropp är inte enkelt. Det är många delar som ingår i energibalansen (figur 1). Vi är alla olika när det gäller hur effektivt vi utnyttjar energin som finns bunden i maten vi äter. Forskningen pekar mot att det varierar mellan olika personer hur mycket av energin som förbrukas direkt i fysiskt arbete och hur mycket som ger värme. Dessutom varierar det mellan individer i vilken form överskottsenergin lagras – som kolhydrat, fett eller protein.

Energibalans – intag och utgifter

Vid energiomsättningen överförs kemiskt bunden energi i maten till andra energiformer. För att förstå energiomsättningen måste vi analysera vad vi äter, hur det omvandlas i kroppen och vad som till slut blir kvar. Denna energiekvation är ganska komplicerad och därför vet vi fortfarande inte vad som egentligen är människans energibehov.

Energiintag

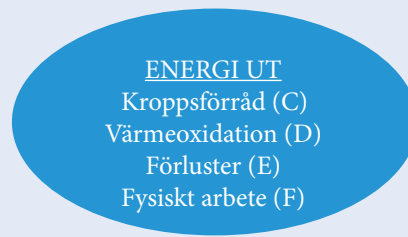
I begreppet energiintag ingår energivärdet i kosten, men också den energi som kan tas från lagrade depåer så som glykogen i muskler och lever, fett i fettvävnad och proteiner i muskler.

Energiutgifter

Matspjälkningskanalen kan inte absorbera all



=



A Kostintag

Energiinnehållet i en viss mängd föda kan bestämmas genom förbränning i en så kallad bombkalorimeter.

I näringsberäkningsprogram anges energiinnehållet för olika slags maträtter. Genom att registrera allt man äter kan energiinnehållet i maten summeras.

B, C Kroppsörråd

Exempel på metoder för att bestämma kroppssammansättningen (hur stor andel av kroppen som är vatten, muskler, ben och fett):

- BodPodmätning (se figur 4, s. 12)
- Bioimpedans (se s. 13)
- Mätning av underhudsfett med kaliper (se figur 5, s. 13) och beräkning andel kroppsfett

Figur 1 beskriver olika metoder för att analysera de olika komponenterna i energiomsättningen.

D Värmeoxidation

Ett slutet rum eller en speciell dräkt kan användas för att mäta energi som avges (direkt kalorimetri, se figur 3, s. 12).

Ett alternativ är att i stället mäta syre- och koldioxidhalt i in- och utandningsluft (indirekt kalorimetri, se introduktionsbild till artikeln).

E Förluster av energi

Energiinnehållet i de ämnen som utsöndras (avföring och urin) kan mätas genom att antingen förbränna dem i en bombkalorimeter eller genom kemisk analys.

F Fysiskt arbete

Kan mätas med till exempel ergometercykel, rörelsemätare (accelerometer), stegräknare och hjärtfrekvensmätare (puls-mätare).

Dessutom kan man använda aktivitetsdagbok och få ett mått på en individs genomsnittliga fysiska aktivitetsnivå för ett dygn. Detta motsvarar PAL, Physical Activity Level (se tips s. 13).

föda som tillförs. En del av energin i maten går förlorad genom avföring och urin. Det blir även energiförluster via andningsvägar och svett. När den kemiska energin som finns lagrad i olika vävnader i kroppen frigörs, utvecklas mekanisk energi och värme. Ekvationen innehåller också energiinnehållet i kroppsörråden, samt de förändringar som sker i kroppstemperaturen.

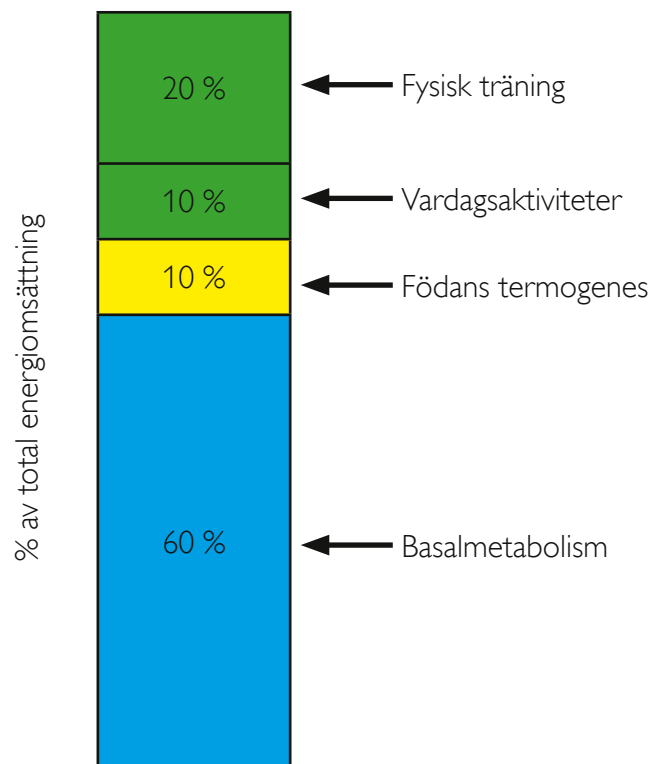
Om man räknar bort förluster via utsöndringsvägarna erhålls något man brukar kalla för metaboliserbar (biotillgänglig) energi. Under senare år har intresset ökat för biotillgängligheten för olika energikällor i kosten. Inte minst har det ökade intresset för kostfiber aktualiserat frågan om de kan utnyttjas i energibalansen.

Människans energiomsättning

Figur 2 visar hur energiomsättningen kan delas upp i olika delar.

Basalmetabolismen (grundförbrukningen) är energiförbrukningen i vila som krävs för att organen ska fungera. Basalmetabolismen påverkas av kroppsstorlek och kroppssammansättning. Även fysisk aktivitet, ålder och kön inverkar.

Födans termogenes: Energiförbrukningen ökar efter en måltid. Detta kallas födans termogena



Figur 2. Energiomsättningens olika delkomponenter. Hos en måttligt aktiv person som rör sig minst 30 minuter/dag på en måttlig till hög intensitet motsvarar basalmetabolism 60 %, födans termogenes 10 % och vardagsrörelser och fysisk träning 30 % av den totala energiomsättningen.

effekt. Ökningen kvarstår cirka 3-6 timmar efter en måltid och antas bero på cellernas ökade aktivitet när näringsämnen omvandlas och lagras i energidepåer.

Fysisk aktivitet: Vardagsaktiviteterna och den fysiska träningen (figur 2) ökar energiförbrukningen och har även betydelse för en persons förmåga att reglera sitt energiintag och därmed bibehålla sin kroppsvikt. Energiförbrukningen påverkas av den fysiska aktivitetens intensitet, varaktighet och frekvens, samt av rörelsemönster och kondition.

För vidare fördjupning om hur människan kan påverka energiomsättningen eller hur yttre faktorer påverkar, se webbföreläsning av Roger Olsson (media.medfarm.uu.se/flvplayer/energiomsattning).

Mätning av energiomsättningen

En persons energiomsättning kan mätas på en rad olika sätt. Mätmetoderna delas in i två huvudgrupper: direkt- och indirekt kalorimetri. Ordet kalorimeter kommer från latin och betyder just "mätning av värme" (calor = värme, meter = att mäta).

Direkt kalorimetri

Den direkta kalorimetern innefattar bestämning av värmeproduktionen med olika metoder. I ett kalorimeterrum, ett lufttätt och temperaturkontrollerat rum, kan man under kontrollerade former mäta all den värme som en försöksperson producerar. I dag används också kalorimetridräkter som fungerar på princip samma sätt (figur 3). Kalorimetridräkten är en mycket effektiv värmeväxlare, vilket gör det möjligt att snabbt följa värmeproduktionen. Omgivningens temperatur påverkar energiomsättningen och effekten kan studeras genom att styra omgivningstemperaturen med dräkten. Det här är metoder som är både avancerade och kostsamma.

Indirekt kalorimetri

En enklare metod för att mäta energiomsättningen är indirekt kalorimetri som bygger på sambandet mellan energiomsättning och syreförbrukning. Indirekt kalorimetri mäts med hjälp av en respirometer som analyserar syre- och koldioxidmängden i in- och utandningsluften hos en försöksperson (se introduktionsbilden till artikeln). För att kunna mäta energiomsättningen under kortare perioder, exempelvis utomhus under en viss aktivitet, har man utvecklat bärbara respirometrar. Dessa mäter utandningsluftens volym, samtidigt som en liten mängd av den avleds till en behållare för efterföljande analys.



Figur 3. Direkt kalorimetri enligt UPPCAL, Uppsala universitet. Dräkten består av flera skikt. Den avgivna värmen från kroppen tas upp av vatten som cirkulerar i tunna slangar i ett av skikten.



Figur 4. En BodPod som används för att bestämma kroppssammansättning.

Vid energiomsättningen erhålls cirka 5 kcal (21 kJ) för varje liter syre som förbrukas. Alltså kan man genom att mäta mängden förbrukat syrgas få ett mått på energiomsättningen. Små variationer förekommer beroende på om enbart fett, kolhydrat eller protein används som substrat. Vill man få en bild av varifrån energin tas vid ett arbete kan man beräkna den så kallade respiratoriska kvoten (RQ). Det är kvoten mellan producerad volym koldioxid (VCO_2) och samtidigt upptagen volym syrgas (VO_2). Ett RQ på 1,0 visar att det är kolhydrater som är den huvudsakliga energikällan. Om RQ ligger runt 0,7 tas energin nästan uteslutande från fett. Kvoten blir lägre än 1,0 eftersom det går åt mer syrgas för att förbränna fett.

Helhetsgrepp

Helhetsbilden av en persons närings- och energibalans får man när man bedömer så kallad nutritionsstatus. Nutritionsstatus bedöms genom en kombination av olika undersökningsmetoder. De kalorimetriska mätningarna kompletteras ofta med att personen får skriva kostdagbok och aktivitetsdagbok. Man kan under en tid få bära en stegräknare, rörelsemätare (accelerometer) eller en hjärtfrekvensmätare. Personens vikt, längd, BMI och underhudsfett mäts. Vid bestämning av kroppssammansättningen kan kroppen delas upp i fett respektive fettfri massa, där vatten, muskler och ben utgör den fettfria massan.

Utöver att mäta energiomsättning och kroppssammansättning görs fysiologiska tester där muskelkraft, fysisk arbetsförmåga och kondition mäts. Biokemiska analyser av blodstatus görs också. Man använder även olika skattningsskalor för att bedöma bland annat sinnesstämning.

Vid det energimetaboliska laboratoriet används nutritionsstatusbedömningar för att se hur patienternas och idrottsutövarnas tillstånd förändras över tid och hur de svarar på olika behandlingar. Man mäter nutritionsstatus före, under och efter en förändring i behandling eller förändring i livsstil.

Folkhälsoproblem

När intaget av energi motsvarar förbrukningen och kroppsvikten är konstant är individen i energibalans. Men om energiintaget är större eller mindre än behovet resulterar detta i störningar i energiomsättningen och förändringar i kroppssammansättningen, med antingen undernäring eller fetma som följd. ■

Kommentar

Det händer mycket inom området kropp och hälsa och vi på Bioresurs vill gärna fånga upp forskning och utveckling inom området. Artikeln är ett exempel på en uppföljning av en kursdag, Bioresursdagen för lärare i gr 7-9, som vi ordnade hösten 2012, där Roger Olsson medverkade. Hör gärna av dig till oss med förslag på artiklar eller fortbildning inom området.

Kontakta gärna Roger Olsson med frågor och kommentarer (roger.olsson@pubcare.uu.se).



Figur 5. Artikelförfattaren, Roger Olsson, gör en hudveckmätning med så kallad kaliper på en kursdeltagare under Bioresursdagen för högstadielärare i november 2012.

Att göra i skolan

Stegräknare och rörelse/aktivitetsmätare:

Stegräknare mäter rörelsemönster och steg i ett rörelseplan. Enkla modeller finns att köpa för cirka 50 kronor. Låt eleverna undersöka hur många steg de tar under en skoldag. Rörelsemätaren mäter i flera rörelseplan och dessutom får man ett mått på intensiteten av den fysiska aktiviteten. Den ger ett mått på energigången som omfattar alla aktiviteter under ett dygn, men kostar mer i inköp.

Hjärtfrekvens/pulsmätning:

Används för att mäta energiomsättning under fysisk aktivitet. Kan mätas med pulsmätare/datalogger (se tips i Bi-lagan nr 1 2012 och nr 3 2010). Idag finns utrustning som kombinerar pulsmätning med rörelsemätning.

Bioimpedansvåg/mätning av kroppssammansättning

Bioimpedansvägar finns ofta i träningslokaler (se bild nedan). Vägen mäter kroppssammansättningen genom att skicka elektriska impulser genom kroppen. Viktigt att använda en våg som mäter via båda händerna och fötterna. Resultaten varierar och kan vara svårtolkade men kan leda till intressanta diskussioner.



Bioimpedansvägen mäter hur stor andel av din kropp som består av fett respektive fettfri massa (vatten, muskler och ben). Mätvärdena kan variera under dygnet beroende på träning, kost och vätskeintag och även menstruationscykeln inverkar.

Länktips

Kost och näringsdata (www.kostdata.se)

Gratis demoprogram som kan användas för att beräkna energimängd i mat. Innehåller även möjlighet att göra en fullständig aktivitetsdagbok.

Folkhälsoinstitutet (www.fhi.se)

Gå in på Statistik och uppföljning och välj till exempel FolkhälsoAtlas och Lab-miljö för att titta på skillnader i övervikt och fetma i olika delar av landet. Gå in via Arkiv och Hantera Data och klicka på Lägg till fler indikatorer. Under Levnadsvanor kan man lägga till fetma, övervikt och stillasittande fritid som hälsofaktorer.

Webbföreläsningar, Medicinska fakulteten, Uppsala universitet:

Roger Olsson föreläser om energiomsättning: media.medfarm.uu.se/flvplayer/energiomsattning
Eva Lena Andersson om energiprocent och näringlära: media.medfarm.uu.se/flvplayer/energioprocent
media.medfarm.uu.se/flvplayer/naringslara

Kost- & träningsupplysningen (www.ktu.nu)

Kost och träningsupplysningen drivs av dietist- och kostvetarstudenter från Uppsala universitet. På sidan granskas relevant forskning och opartiska råd om kost och hälsa ges.

Kroppens effekt, artikel i Fysikaktuellt 2005

Mats Areskoug beskriver energimätningar i en sluten kammare. Se physics.gu.se/fysikaktuellt/2005_2/effekt.pdf

Beräkning av PAL (Physical Activity Level)

Enkel beskrivning av PAL och hur man kan beräkna sin energiförbrukning finns på www.styrkeprogrammet.se/traningsguide/32

En enkel PAL-räknare finns på matkalkyl.se/rakna-ut-pal.php

Tabeller över MET-värden (metabolisk ekvivalent)

I en artikel av Barbara Ainsworth om energigång vid olika aktiviteter finns tabeller över MET-värden som ingår när man beräknar PAL. Sittande vila ger ett MET-värde på 1.0, dammsugning 3.5 och mountainbikecykling 8.5. Se: juststand.org/portals/3/literature/compendium-of-physical-activities.pdf