

Ämnesomsättning

Ämnesomsättning handlar om upptag av mat och matsmältning, samt frigörandet av restprodukter. Varje levande cell har en ämnesomsättning (cellmetabolism), men varje organism som består av många celler, exempelvis växter, djur och människor, har även en övergripande ämnesomsättning som kan skilja sig från ämnesomsättningen i den individuella cellen. Ämnesomsättningen är en tvådelad process, en kallas anabolism, då kroppen använder föda för att bygga eller laga celler och andra nödvändiga substanser, och den andra katabolism, då kroppen använder föda för att generera energi (värmeproduktion).

Då ämnesomsättningen i en organism upphör, innebär det som regel att organismen dör. Det finns organismer som kan reducera sin ämnesomsättning så att den nästan blir obefintlig under längre tidsperioder, men varje form av liv måste ha en ämnesomsättning under någon del av sin livscykel. Eftersom en del av ämnesomsättningen handlar om att generera värme, så är värmeproduktion ett av de sätt som en organisms metabolism kan uppskattas genom. Ett annat är att titta på mängden av de produkter som tillförs och mängden restprodukter som bildas.

Kalorimetri

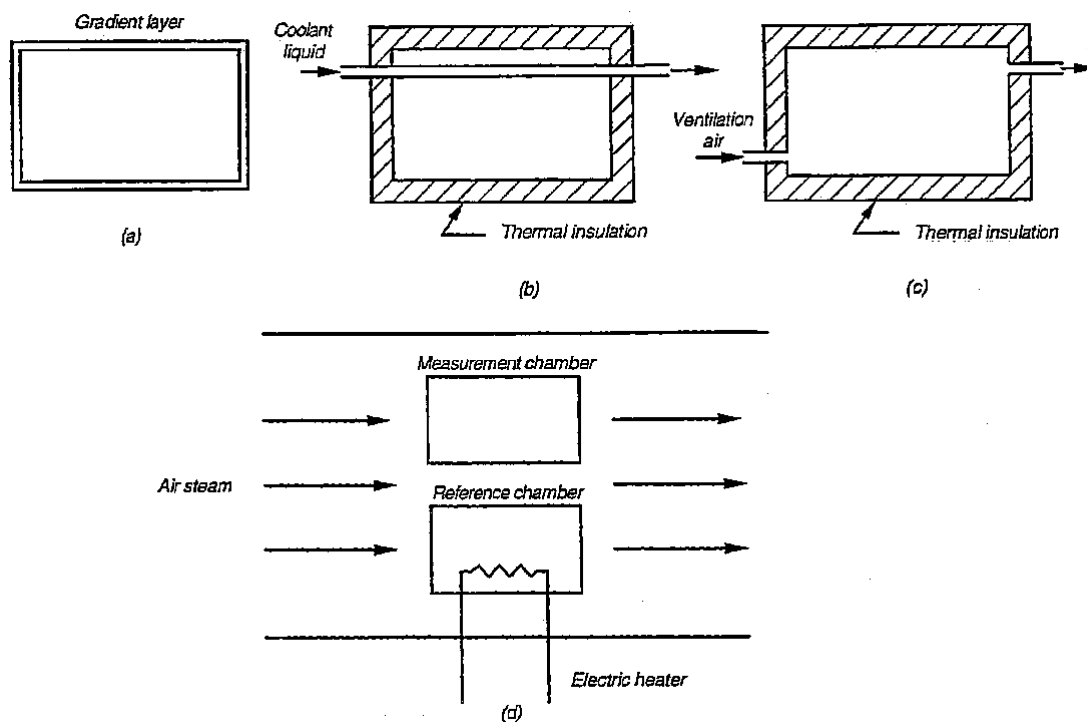
Materialet kring kalorimetri är till stor del en sammanställning av material från boken "Biomedical transducers and instruments" av Togawa, Tamura och Öberg. Vissa delar är dock uppdaterade och någon bild kommer från en annan källa.

En persons ämnesomsättningshastighet kan uppskattas på olika sätt. Vid direkt kalorimetri används personens värmeproduktion som ett mått på ämnesomsättningen, och vid indirekt kalorimetri används exempelvis mängden upptaget syre och avgiven koldioxid eller mängden intag och exkretion av föda. De två förstnämnda metoderna beskrivs nedan.

Direkt kalorimetri

För att mäta ämnesomsättningshastigheten används vid direkt kalorimetri en *kalorimeter*. En kalorimeter utgörs huvudsakligen av en kammare i vilken försökspersonen placeras. Värmeproduktionen från personen mäts som värmeflödet från kammaren och ut till omgivningen. För en korrekt och noggrann mätning måste allt värmeflöde mätas, det får alltså inte vara någon okontrollerad förlust av värme till omgivningen. Vid långvarig mätning eller vid mätning under aktivitet kan man också behöva aktivt kontrollera kylningen av kammaren, för att inte temperaturen inuti ska stiga för mycket och påverka mätsituationen.

Figur 2 visar fyra olika typer av kalorimetrar. Figur 2 a kallas för en gradientlagerkalorimeter. Den bygger på principen att om kammarens väggar har uniforma termiska egenskaper, så kommer värmen som produceras i kammaren att skapa en temperaturskillnad mellan inner- och yttervägg som avspeglar värmeflödet genom väggen. Genom att mäta temperaturskillnaden kan man alltså beräkna värmeflödet och därigenom hur mycket värme som produceras av personen i kammaren. För att få en noggrann mätning krävs att temperaturskillnaden mäts på väldigt många ställen, eller via ett sensorsystem som täcker hela väggarna.



Figur 2: Fyra olika typer av mätkammare som kan användas vid direkt kalorimetri.

Figur 2 b visar en kalorimeter där ett vätskeflöde genom kammaren används för att leda bort den värme som alstras av försökspersonen. Mängden värme som transporteras bort uppskattas utifrån vätskans flödeshastighet och temperaturökning. För att ingen värme ska försvinna genom väggarna krävs att dessa är ordentligt isolerade, och flödet av vätska måste regleras så att det är tillräckligt för att kunna leda bort den producerade värmen.

Figur 2 c visar en principskiss för en konvektionskammare. Kammaren är välisolerad så att inga värmeförluster görs genom dess väggar. Värmeproduktionen i kammaren uppskattas genom att mäta flödeshastighet och temperaturökning hos tillförd ventilationsluft. Även i detta fall måste det flödet regleras så att det är tillräckligt för att avleda värmen, så att det inte istället blir en kontinuerlig uppvärmning av kammaren.

Figur 2 d visar en differentialkalorimeter. Den här typen av kammare används då man vill mäta värmeproduktionen hos små djur. Två identiska kammare placeras i en luftström. I den ena kammaren placeras det djur som skall undersökas, och i den andra finns ett elektriskt värmeelement. Temperaturen mäts i båda kamrarna, och djurets värmeproduktion uppskattas genom att avläsa tillförd effekt till värmeelementet då det har justerats för att generera exakt samma temperaturhöjning som djuret genererar i försökskammaren.

Indirekt kalorimetri

Ämnesomsättnings hastighet kan även uppskattas genom att mäta konsumtion och produktion av syre respektive koldioxid, samtidigt med mätning av respirationshastigheten. För att uppnå detta kan en så kallad "Douglaspåse", i vilken utandad luft samlas in och analyseras, användas. Problemet med denna metod är att den endast ger medelvärden av syrekonsumtion och koldioxidproduktion, samt att kontinuerliga mätningar inte är möjliga.

För kontinuerliga mätningar kan man antingen använda ett slutet eller ett öppet system. I det slutna systemet får försökspersonen andas in i ett system som är avgränsat från omgivningen. Systemet består av en reservoar fylld med rent syre, samt en komponent som absorberar all koldioxid och vattenånga i utandningsluften. Syrgaskonsumtionen uppskattas utifrån hastigheten på volymminskningen av syrgas i systemet. Till dessa mätningar kan en spirometer användas. En nackdel med denna metod är dock att den endast kan användas under kortare tidsperioder, eftersom syrgasen konsumeras med tiden. Som ett alternativ till detta kan en respirationskammare användas. Där består det avgränsade systemet av ett rum, som kan vara inrett med en säng och toalett, till vilket en kontrollerad mängd frisk luft kontinuerligt tillförs. Detta gör att man kan mäta under längre tid, till och med flera dagar. Dock är dessa kammare dyrare och mer avancerade och kräver att mätpersonen flyttas till kammaren.

Om man vill titta på ämnesomsättningshastigheten under ett par timmar så kan en enklare variant vara att använda sig av ett öppet system istället för ett slutet. I det öppna systemet andas försökspersonen hela tiden frisk luft från omgivningen via en ventil som bara öppnar sig i en riktning. Ventilen sitter fast i ett munstycke eller en mask. Utandningsluften får passera ut genom en annan ventil som endast öppnar sig för flöden i den motsatta riktningen. Genom separata analyser av syrenehåll i inandnings- och utandningsluften, kan man få en kontinuerlig mätning av syreförbrukningen och därmed ämnesomsättningshastigheten. Mätningar med det öppna systemet har visat sig ge motsvarande resultat som mätningar med Douglaspåsen, och stabila mätningar kan erhållas i minst sex timmar. I en annan variant på ett öppet system, där man använder en speciell "huva" (se figur 2), tillförs frisk luft med hjälp av en ventilator och den utandade luften späds ut i luften under huvan. Luft från huvan avleds för mätningar av koncentration av syre och koldioxid och detta kan räknas om till total förbrukning/produktion eftersom utandningen späds med ett känt flöde från ventilatorn.



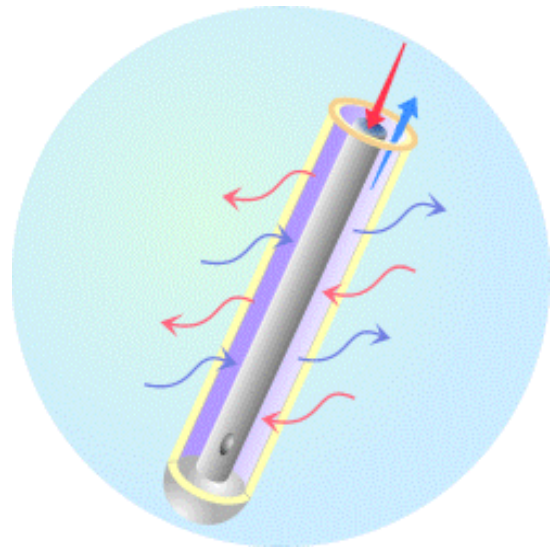
Figur 3: Kommersiellt instrument för indirekt kalorimetri med "huva". Frisk luft tillförs via slangen som är kopplad till ventilen på nedre delen av huvan. Luft leds också ut från huvan för mätning av koncentration av syre och koldioxid. Resultaten kan följas över tid på monitorn till vänster i bild.

Bildkälla: CC BY-SA 3.0, <http://www.cosmed.com>

Mikrodialys

Mikrodialys är metod som används för att studera den kemiska miljön extracellulärt i levande vävnad. Metoden kan användas för att kontinuerligt mäta/övervaka koncentrationen hos olika produkter från metabolisk aktivitet och därmed ge information om den lokala ämnesomsättningen i området där proben är placerad. Exempel är laktat, pyruvat och glukos som tillsammans speglar ämnesomsättningen av kolhydrater, och koncentrationen av glycerol som visar på nedbrytningen av lipider. Med hjälp av den här metoden är det möjligt att i ett tidigt skede, innan de kemiska förändringarna har hunnit påverka vävnaden så mycket att det är mätbart på systemnivå, få en uppfattning om vad som händer på cellnivå. Tanken med den mikrodialysprob som används är att den skall efterlikna en kapillär, så att de mätningar som görs skall motsvara mätningar i de allra minsta blodkärlen.

Figur 3 visar en bild av en mikrodialysprob. Vanligen består proben av ett inre rör genom vilket perfusionsvätska långsamt pumpas in. I änden på röret finns ett litet hål genom vilket vätskan passerar, för att sedan byta riktning och flöda mellan det inre röret och ett yttre membran som omger tuben. Det är genom detta membran som själva dialysen sker. Perfusionsvätskan strävar efter att nå jämvikt med den omgivande vätskan, och beroende på de koncentrationsgradienter som råder mellan vävnaden och den tillförda vätskan så kommer vissa ämnen att diffundera från vävnaden in i proben, och andra kommer att passera från proben och ut i vävnaden. Genom att plocka ut den vätska som har passerat genom proben på detta sätt så erhåller man en vätska som representerar den extracellulära kemiska miljön. Dessa prover analyseras därefter på i laboratorium eller bredvid patientsängen. (Källa: www.microdialysis.se)



Figur 3: Illustration av en mikrodialysprob. De raka pilarna visa inflöde av perfusionsvätska med kända koncentrationer av relevanta ämnen (röd pil) och utflöde av perfusionsvätska där ämnenas koncentrationer nått jämvikt med vävnaden (blå pil). De vågiga pilarna illustrerar diffusion/dialys av ämnen genom membranet.