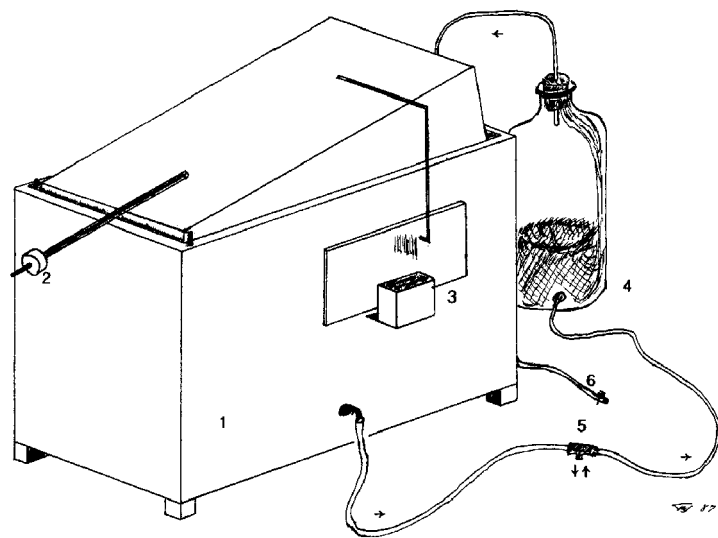


OM STOFSKIFTE



STOFSKIFTE OG STOFSKIFTEMÅLING

<i>I</i>	
<i>Stofskifte</i>	
<i>Definition</i>	<i>side 1</i>
<i>Respiration, ATP</i>	<i>side 4</i>
<i>Proteinsyntese</i>	<i>side 6</i>
<i>Stofskiftemåling, -størrelse</i>	<i>side 7</i>
<i>II</i>	
<i>Faktorer der påvirker stofskiftet</i>	
<i>Kønsforskelle</i>	<i>side 8</i>
<i>Overflade, kropsstørrelse</i>	<i>side 9</i>
<i>Temperaturregulering</i>	<i>side 9</i>
<i>III</i>	
<i>Stofskifteforsøg</i>	<i>side 13</i>
<i>Litteratur</i>	<i>side 19</i>
<i>Noter</i>	<i>side 19</i>
<i>Register</i>	<i>side 21</i>

I Stofskifte

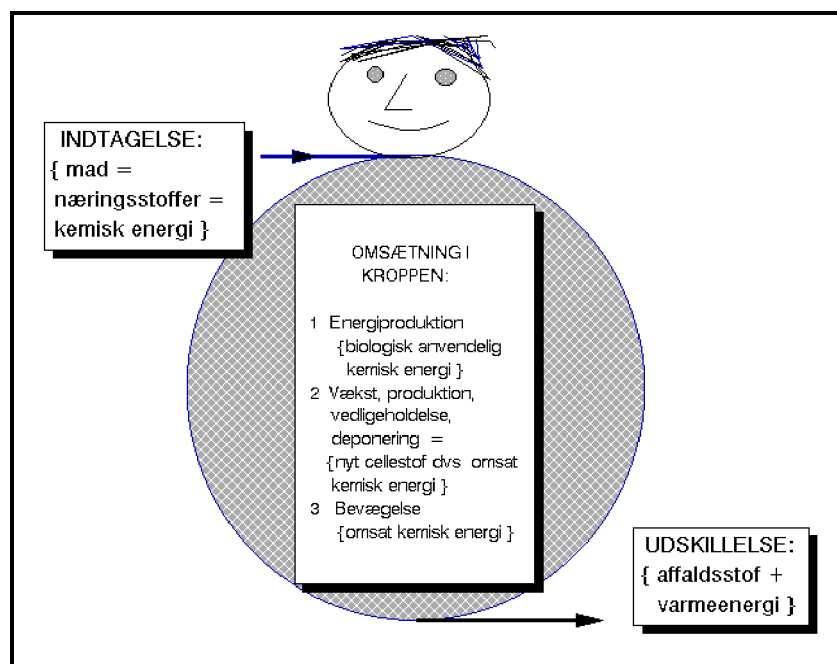
definition

Alle levende celler og organismer kan karakteriseres ved at besidde nogle få fælles livsprocesser:

vækst, stofudveksling med omgivelserne, bevægelse, irritabilitet, energiforbrug.

I flercellede organismer er nogle af livsprocesserne blevet knyttet til specialiserede celletyper: bevægelse varetages af muskelceller og irritabilitet varetages af sanse- og nerveceller; men fællesnævner for alle cellerne er stadig deres energiforbrug, stofudveksling og vækst.

Figur 1. Skematisk oversigt over menneskets stofskifte.



Alle cellerne i menneskets krop bruger energi og omsætter stof. Stof optages af cellerne. Stoffet omformes inde i dem. Tilsidst udskilles der affaldsstof fra cellerne. Noget stof deponeres eventuelt i cellerne som næringsreserver (fedt eller kulhydrat). De enkelte celler anvender stof som råmateriale til vækst, cellereparation, produktion, m.m., foruden at en del af det optagne stof bruges til at levere den energi, der driver alle livsprocesserne.

Energien kommer ind i kroppen i form af kemisk energi, dvs energi bundet i næringsstofferne. Energien frigøres i hver enkelt celle inde i kroppen. Noget af den frigjorte energi bindes påny i opbygningen af nyt cellestof; andet anvendes til fysisk arbejde. Fra kroppen udskilles affaldsstoffer og varmeenergi.

Alment gælder: $indtag = tilvækst (incl. deponering) + forbrug$; $BP = NP + R$. Analogt med de tilsvarende økologiske begreber, kan man kalde indtag for bruttoproduktion (BP), tilvækst for nettoproduktion (NP) og forbrug for respiration (R). For en person i stofskifteligevægt, hvor indtag er lig med forbrug, bliver tilvæksten altså nul, dvs. personen holder en konstant vægt.

Organismens samlede energi- og stofomsætning, dvs. alle de enkelte cellers bidrag lagt sammen, kaldes dens STOFSKIFTE.

pulje af grundmolekyler

Menneskets føde indeholder fedtstof, kulhydrat og protein. Før cellerne kan få glæde af madens energi- og stofindhold, skal stofferne i den gennemgå en fordøjelse. Stofferne spaltes til mindre grundmolekyler, som optages i blodet og transporteres med blodet rundt i kroppen. Her udgør de en pulje af næringsstoffer, som cellerne i kroppen kan forsyne sig fra (figur 2).

Proteinerne spaltes til aminosyrer. Fedtstofferne spaltes til fedtsyrer (og glycerol). Kulhydraterne spaltes til glucose (eller tilsvarende små suktermolekyler). Føden indeholder tillige vitaminer og mineraler. Det er små molekyler, der ikke skal fordøjes, før de kan optages i blodet. Inde i kroppen tjener de som hjælpestoffer i omsætningen af de øvrige næringsstoffer (fx i form af coenzymer).

Endelig er der en vis del af føden, som ikke kan fordøjes. Hverken stof eller energi heri kan stilles til rådighed for kroppens celler. Det er denne del af føden, der kaldes fibre.

Fibrene (oftest cellulose, pektin og lignende ufordøjelige kulhydrater) er på trods af deres ufordøjelighed en væsentlig del af vores kost, fordi de stimulerer tarmene, således at maden hurtigt passerer gennem fordøjelsessystemet. Er tarmpassagen langsommere end 36-48 timer, er det tegn på en for fiberfattig kost; det kan medføre fordøjelsesbesvær eller på længere sigt tarmsygdomme.

Der foregår til stadighed i kroppen en nedbrydning af cellebestanddele, depotstoffer og celleprodukter. Nedbrydningsprodukterne (grundmolekyler: glucose, fedtsyrer, aminosyrer, mineraler, vitaminer, m.m.) tilføres puljen af næringsstoffer i kroppen.

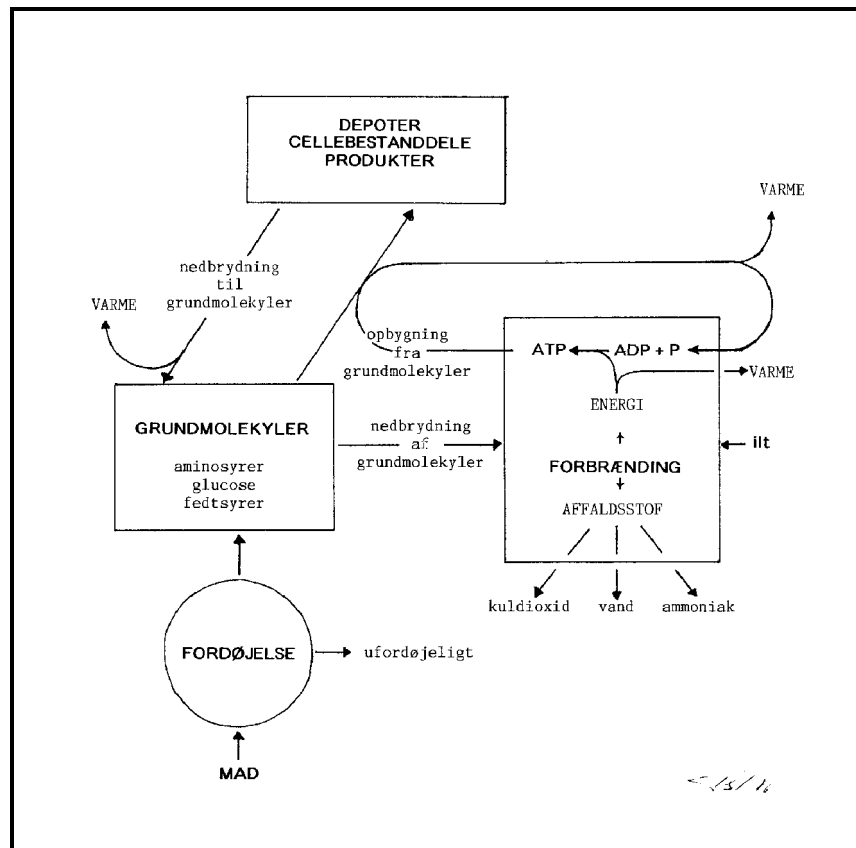
Samtidig genopbygges nye cellebestandele, depotstoffer og celleprodukter ud fra grundmolekylerne i puljen.

Opbygningsprocesser kræver tilførsel af energi. En del af næringsstofpuljen anvendes derfor til at skaffe kroppen og cellerne energi.

Figur 2. Blokdiagram over stofskifteprocesser.

Puljen af grundmolekyler i cellen/kroppen er udgangspunkt for nyopbygning af cellestoffer, hvoraf de vigtigste er:

- 1) depotstoffer: glyco-gen eller depotfedt,
- 2) cellebestandele: enzymer, membranfedtstoffer, ker-nesyrer og lignende,
- 3) produkter: enzymer, hormoner og lignende.



Energien skaffes ved at stofferne forbrændes i særlige celleelementer (mitochondrier, se også figur 3). Slutprodukterne ved forbrændingen er - foruden energien (ATP og varmeenergi) - affaldsstofferne kuldioxid og vand.

Der mistes konstant en lille mængde grundmolekyler gennem nyrerne, og der mistes stof ved celleafstødning fra hud, tarmslimhinder m.m.

Kun en vis del af puljen kan altså recirkuleres i kroppen, og der skal derfor konstant tilføres nyt stof som erstatning for det, der mistes eller forbrændes for at holde stofomsætningen i kroppen i gang.

Der er tale om stofskiftelige vægt (jvf side 3), når man indtager lige så meget mad, som der forbruges og forsvinder stof fra kroppen.

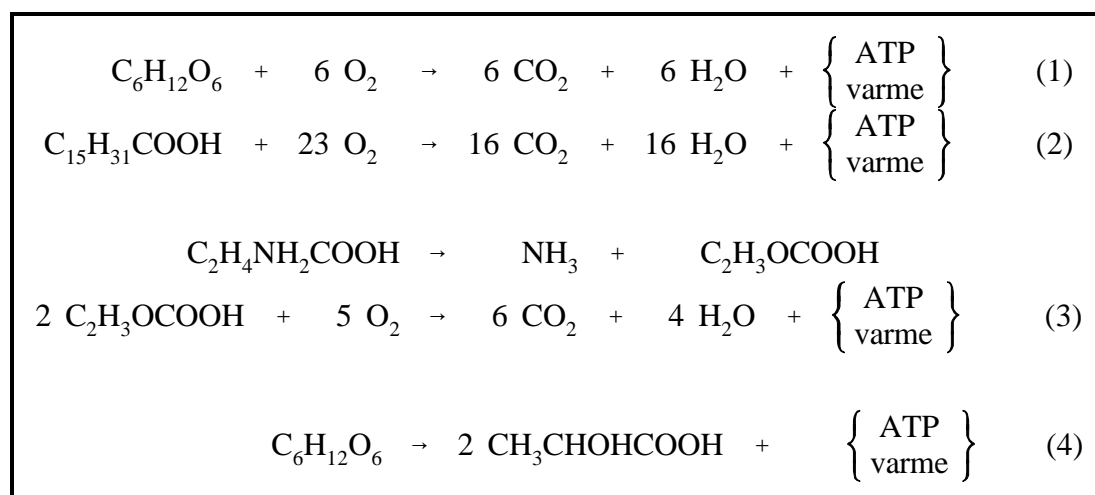
respiration, ATP

Cellerne kræver ilt for at kunne producere energi effektivt. Iltens transporteres ud til hver celle med blodet. De fineste forgreninger af blodkarrene - kapillærene - er i tæt kontakt med alle kroppens celler og med den atmosfæriske luft i lungealveolerne. De røde blodlegemes hæmoglobin binder ilt til sig i lungerne og afgiver ilt igen ude i vævene.

Iltens skal bruges i forbrændingsprocesser, der - selvom udgangsstofferne kan være forskellige (kulhydrat, fedt eller protein) - har det samme reaktionsforløb og har de samme slutprodukter (skema 1).

Den kemiske energi, der ligger bundet i fx et molekyle glucose eller fedtsyre, frigives igennem en trinvis, kontrolleret (dvs. enzymstyret) nedbrydning af molekylerne til vand og kuldioxid.

Energiproduktionen i cellen kaldes **RESPIRATION**.



Skema 1. *Energileverende processer: 1, 2 og 3 er eksempler på forbrændingsprocesser og 4 mælkesyre-gæring.*

Både kulhydrat, fedt og protein kan være udgangsstof i en respirationsproces, men slutprodukterne er de samme - kuldioxid og vand og energi.

Ca 50 % af den frigjorte energi bindes i ATP, resten af energien bliver til varme.

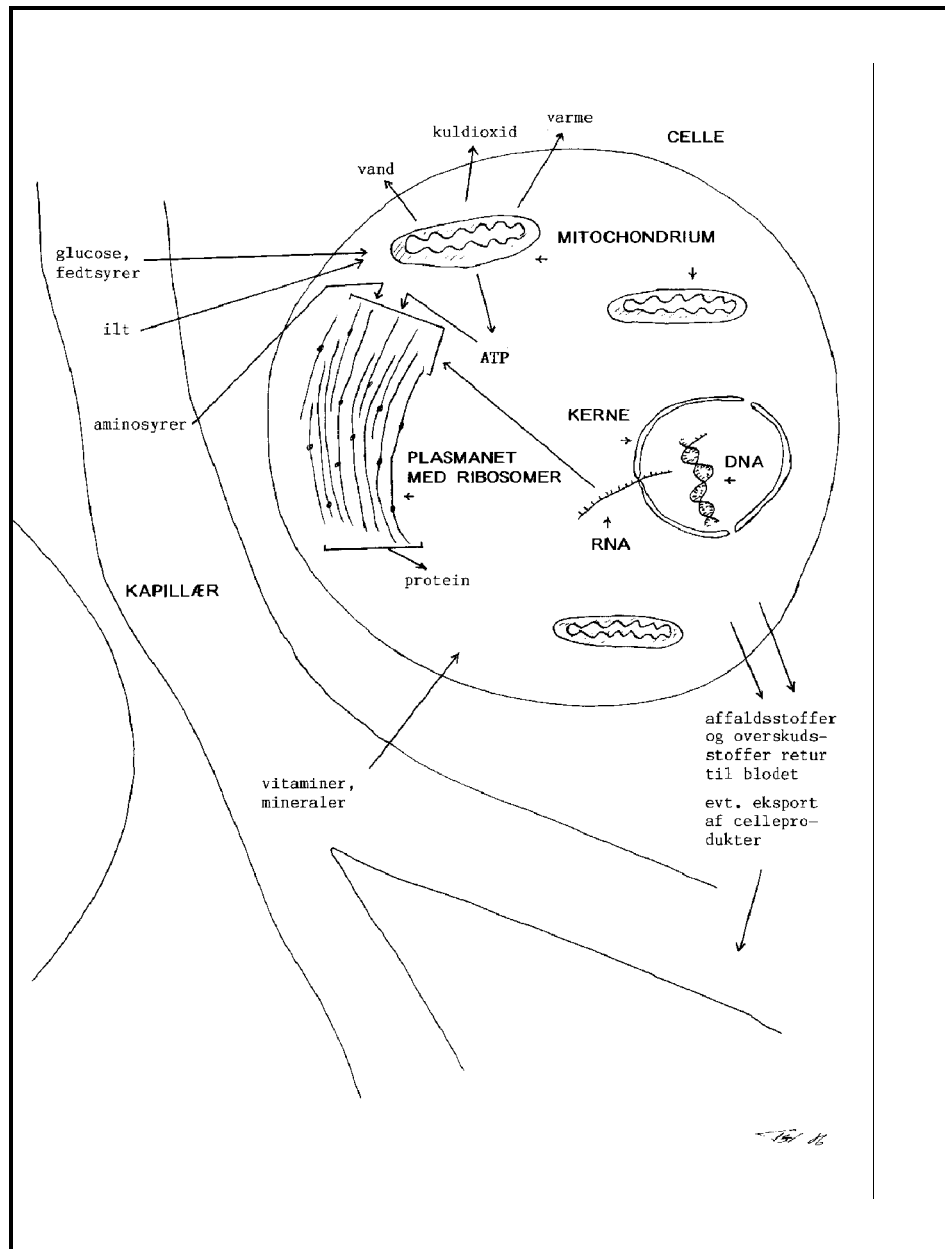
Skemaet viser de kemiske reaktionsskemaer ved omsætning af:

- (1) glucose (aerobt) → **36 ATP, totalenergi = 2870 kJ/mol**,
- (2) en fedtsyre (palmitinsyre) → **129 ATP, totalenergi = 9823 kJ/mol**,
- (3) en aminosyre (alanin) → **9 ATP** (netto pr mol: 12 ATP minus 3 ATP til at fjerne NH_3), **totalenergi = ca 1400 kJ/mol** og
- (4) glucose (anaerobt) → **2 ATP, totalenergi = 198 kJ/mol**.

Bemærk at det kun er kulstofdelen af aminosyrerne, der forbrændes. Aminodelen spaltes fra og omdannes til urinstof. Urinstoffet udskilles dernæst gennem nyrerne.

Det er kun glucose (og aminosyrer), der kan omsættes ved en forgæring (anaerobt, dvs. uden ilt.)

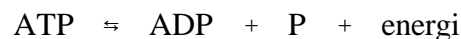
Respirationsprocessen omfatter tre delprocesser, hvoraf den første foregår i cytoplasmaet medens de to sidste finder sted inde i mitochondrierne. Iltten bruges først i den sidste delproces, og det er hertil energiproduktionen er koblet. Her overføres energien til en anden kemisk forbindelse - den kaldes **ATP**, der fungerer som energiformidler i cellen.



Figur 3. Proteinsyntese.

- et eksempel på stofskifteprocesser i cellen: Cellerne forsynes med næringsstoffer og ilt gennem blodet. Blodet er kroppens pulje af næringsstoffer: dvs glucose, fedtsyrer, aminosyrer, vitaminer, mineraler, m.m. - hvorfra cellerne optager, hvad de har brug for til deres stofskifte, og hvortil cellerne returnerer overskydende næringsstoffer samt eventuelle stofskifteprodukter.

Hvis muskelceller ikke kan få tilstrækkeligt ilt til en respiration, kan cellerne kortslutte de to sidste delprocesser ved at lade den første delproces ende med mælkesyre. Herved produceres der 2 ATP, altså en betragtelig mindre energimængde end en fuldstændig respiration (se skema 1). Det er kun muskelceller, der råder over denne alternative energiproduktion.



Skema 2. Cellens energiformidler er den kemiske forbindelse ATP (*adenosintrifosfat*).

Energi kan oplagres ved at bruge energien til at koble P (fosfat) og ADP (adenosindifosfat) sammen til ATP. Der skal bruges 32-50 kJ pr mol ATP. Energien frigøres igen, ved at lade processen gå den modsatte vej. Energibevarelsen er ca 70%.

Alle de energikrævende stofskifteprocesser, der foregår i kroppens celler, forbruger ATP. Ved at spalte ATP til ADP og frit fosfat (P) kan stofskifteenzymene overføre energien til nyt stof, eller energien kan udnyttes til bevægelse i muskelceller (figur 2 og 3).

Ingen energiomsætninger i celler er 100 % effektive, derfor vil der altid være knyttet et varmetab til stofskifteprocesserne.

proteinsyntese - eksempel på stofskifteproces

Hvis energien skal bruges til at opbygge cellestof, fx protein, skal flere celleorganeller samarbejde om opgaven. Figur 3 viser skematisk, hvordan cellen producerer protein.

Råmaterialet til proteinopbygning - aminosyrerne, optager cellen fra blodet.

Proteiner er kædemolekyler, hvori aminosyrerne sidder i en ganske bestemt rækkefølge - forskellig fra protein til protein. Det er nødvendigt at rækkefølgen af aminosyrerne i et protein bliver overholdt, det vil sige, at opbygningen af proteinet må følge en skabelon.

I cellekernen ligger cellens arvemateriale - gener. Generne kan ikke ses, men man ved, at de er dele af et DNA molekyle, som igen er en del af et kromosom. Hvert gen indeholder information om, hvordan aminosyrerækkefølgen skal være i ét protein.

En proteinsyntese indledes med at cellen kopierer det stykke af DNA molekylet, der svarer til det pågældende gen. Kopien kaldes RNA. Denne kopi er dernæst den skabelon, som aminosyrerne sammenkøbes i rækkefølge efter.

Selve sammenkoblingen af aminosyrerne foregår i cellens cytoplasma. Her findes et net af membraner (plasmanettet = endoplasmatisk reticulum; i figuren kun vist meget skematisk), hvorpå der sidder ribosomer. Ribosomerne er de egentlig ansvarlige i proteinsyntesen. De indeholder enzymer, der foretager sammenkoblingen af aminosyrerne i den rækkefølge, RNA skabelonen dikterer.

Det færdige protein kan være et enzym, der skal styre omsætningen af andre stoffer i cellen - det kan være et molekyle, der skal indbygges i membranen eller andre strukturer i cellen (dvs. vækst eller reparation) - eller det kan være et molekyle, der skal eksporteres ud af cellen.

stofskiftemåling

Der skal bruges ilt til forbrændingsprocesserne i kroppen (se figur 2 og 3 samt tabel 1). Iltforbruget vil være proportionalt med energiproduktionen i kroppen. Forudsat en normalt sammensat kost, vil 1 liter ilt svare til en energiproduktion på 20,3 kJ.

Trækker man vejret tilkoblet et lukket, iltfyldt system, hvor udåndingsluftens indhold af kuldioxid og vand fjernes, kan man beregne iltoptagelsen pr tidsenhed ved at måle systemets rumfangsændring.

Når iltoptagelsen pr tidsenhed er kendt, kan man bestemme stofskiftets størrelse (se også forsøgsvejledning: Måling af stofskifte side 13).

Ovenstående metode kaldes indirekte calorimetri, og den giver kun en tilnærmet værdi for stofskiftet. Vil man have en eksakt bestemmelse af stofskiftets størrelse, er man henvist til at lukke personen inde i et stort calorimeter, hvorved man direkte kan måle den udviklede varmeenergi (direkte calorimetri).

standardstofskifte - ligevægtstofskifte

Måler man stofskiftet efter 12 timers faste, med personen i hvile og ved en rumtemperatur på 25 °C, får man en minimumstofskifteværdi for den enkelte person (NB! i vågen tilstand - under søvn er stofskiftet lavere).

Dette minimumstofskifte kaldes **STANDARDSTOFSKIFTE** (eller basalstofskifte), og det er i gennemsnit $100 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ (jvf tabel 1). Til praktisk brug ved kostvurderinger og lign. har man indført begrebet **LIGEVÆGTSTOFSKIFTE** defineret som standardstofskiftegennemsnittet ganget med 1,5.

Dette stofskifte svarer til en persons ligevægtsomsætning pr døgn pr kg til vækst, produktion, vedligeholdelse, bevægelse og varmeproduktion (jvf figur 1), således at personen hverken taber sig eller tager på.

$$\begin{aligned}\text{STANDARDSTOFKIFTE} &= 100 \text{ kJ kg}^{-1}\text{døgn}^{-1} \\ \text{LIGEVÆGTSTOFKIFTE} &= 150 \text{ kJ kg}^{-1}\text{døgn}^{-1}\end{aligned}$$

Tallene ovenfor gælder for normale, udvoksede personer med moderat arbejde. Hårdt fysisk arbejde medfører, at ligevægtstofskiftet skal øges med 20-40 %. Børn og unge indtil 17-18 år har et forøget standardstofskifte - især på grund af kroppens vækst.

□ □ □

II Faktorer der påvirker stofskiftet

køn

Kønsindflydelsen viser sig allerede indenfor det første leveår. Pigers og voksne kvinders stofskifte er gennemsnitligt lavere end drenges og voksne mænds.

piger 1 år: $225 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ - **dreng 1 år:** $230 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$
piger 14 år: $120 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ - **dreng 14 år:** $130 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$

Forskellen hos voksne kan forklares ved, at forholdet mellem stofskifte-aktive og stofskifte-passive dele af kroppen hos kvinder er ca 1:1, medens det hos mænd er ca 3:2 (- mænd har mindre fedtvæv end kvinder).

Det medfører, at stofskiftet - udtrykt pr vægtenhed (kJ kg^{-1}) bliver lavere for kvinder end for mænd (tabel 1).

gennemsnit ♀: $90 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ - **gennemsnit ♂:** $110 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$

Dermed forklares dog ikke, hvorfor piger også har et lavere stofskifte end drenge: forskellen er 2% ved 1 års alderen, og den stiger gradvist til 8% ved 14 års alderen (samme forskel som hos voksne). Forskellen i stofskifte mellem piger og drenge indtil

Mænd	Kvinder	% Fedt	Legemsvægt i kilogram							
			45	50	55	60	65	70	75	80
tynd		5		119	116	112	110	108	106	105
middel		10		113	111	108	106	103	102	101
buttet	tynd	15	110	107	105	103	101	100	99	98
fed	middel	20	104	101	99	98	97	96	95	94
	middel	25		96	94	93	93	92	91	90
	buttet	30			89	88	88	88	87	87
Gennemsnit			100 ± 8							

Tabel 1. Standardstofskifte hos voksne i $\text{kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$.

(Helms efter Durnin & Passmore)

puberteten må have en anden (- ukendt!) årsag.

overflade, kropsstørrelse

Både blandt mænd og kvinder medfører andre forskelle i kropsbygning (højde, vægt, m.m.) ligeledes, at der er forskelle i stofskiftets størrelse. En kraftig person har selvfølgelig et større absolut stofskifte end en slank person; men selv når stofskiftet udtrykkes pr vægtenhed (kJ kg^{-1}), kan der ses en lille forskel mellem lette og tunge individer (jvf tabel 1). Forskellen formindskes eller forsvinder hvis stofskiftet udtrykkes pr overfladeenhed (kJ m^{-2}) (*note1*).

Denne sammenhæng forklares traditionelt med at varmeafgivelsen fra små organismer er relativt større end fra store organismer på grund af et større overflade:vægt - forhold hos de små organismer end hos de store.

Da produktionen af varme er proportional med vægten, medens varmeafgivelsen er proportional med overfladen, må små personer/organismer altså kompensere for det øgede varmetab ved sætte varmeproduktionen i vejret - dvs. øge stofskiftet.

Men da både ensvarme og vekselvarme dyr har et stofskifte, som udtrykt pr overfladeareal, er konstant for store og små individer, må man nok sætte spørgsmåltegn ved om ovenstående forklaring har et reelt fysiologisk grundlag.

Dertil kommer at varmeafgivelsen fra overfladen ikke er konstant; den kan i udstrakt grad styres af organismen selv.

omgivelsernes temperatur, varmeregulering

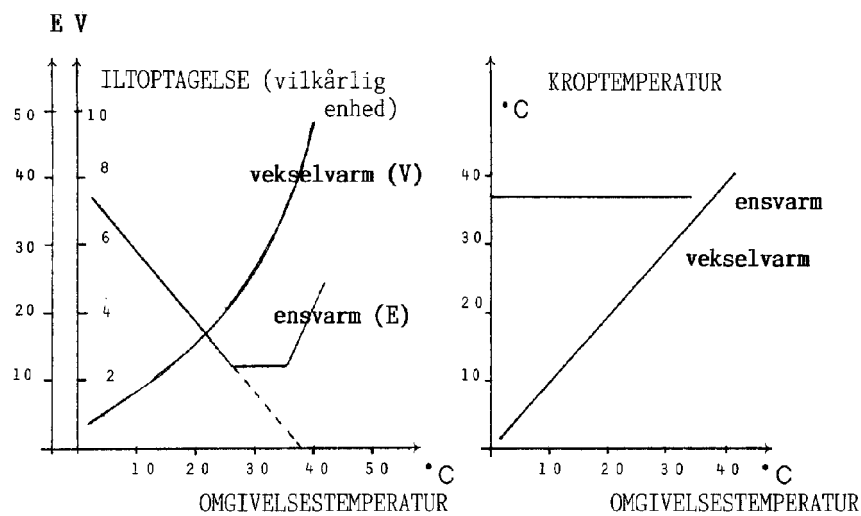
Mennesket er en ensvarm (homeoterm) organisme, som udnytter varmeproduktionen ved stofskifteprocesserne til at opretholde en konstant legemstemperatur (gennemsnitstemperatur = $37\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Der produceres hele tiden varme i kroppen; men der afgives også konstant varme til omgivelserne fra legemets overflade. Hvis der tabes mere varme end der produceres ved de almindelige stofskifteprocesser, kan kroppen øge varmeproduktionen, ved at lade muskulaturen arbejde i tomgang - dvs der ydes ikke et mekanisk arbejde. Samtidig hermed kan varmebevarende foranstaltninger i legemet sættes i værk, fx kan blodet dirigeres væk fra huden. På den måde opretholdes en konstant legemstemperatur.

Når legemstemperaturen skal holdes konstant hos ensvarme organismer kræver det at energiomsætningen afpasses efter omgivelsernes temperatur.

Des lavere ydertemperatur - jo højere er iltoptagelsen (figur 4). Ved meget lave temperaturer kan op til 70% af energiomsætningen i kroppen gå til varmeproduktion. Hos de fleste ensvarme dyr er det en særlig slags fedtvæv - brunt fedtvæv, hvori den ekstra varmeproduktion foregår. Hos mennesket er det muskulaturen - især skeletmuskulaturen, der ved at arbejde i tomgang skaber den nødvendige varme.

Figur 4. Iltoptagelse og kropstemperatur hos en hypotetisk ensvarm (homeiterm) organisme og en hypotetisk vekselvarm (poikiloterm) organisme.



(efter Gordon, m.fl.)

Figur 4. Iltoptagelse og kropstemperatur som funktion af omgivelsestemperatur.

Figur 4 viser kropstemperatur som funktion af ydertemperatur. Den ensvarme organisme er uafhængig af ydertemperaturen og har en konstant kropstemperatur i hele intervallet fra 0 - 35 °C. Den vekselvarme organismes kropstemperatur er derimod direkte afhængig af ydertemperaturen.

I figurens venstre del ses at den ensvarme organisme må betale for uafhængigheden af ydertemperaturen med en meget højere energiomsætning og dermed et større fødekrav, end den vekselvarme organisme har.

Forlænges den venstre gren af kurven for den ensvarme organismes iltoptagelse ned mod x-aksen, giver skæringspunktet kernetemperaturen (dvs temperaturen inde midt i kroppen).

Det vandrette stykke er det temperaturinterval, hvori iltforbruget (dvs. stofskiftet) er mindst muligt (jvf betingelserne for at måle standardstofskiftet, side 7).

For menneskets vedkommende sløres stofskiftets temperaturafhængighed dog af vores påklædning.

I den temperaturneutrale zone (ca 25-35 °C) skiller kroppen sig af med overskudsvarme ved passiv varmeoverførsel til omgivelserne.

Med passiv varmeoverførsel menes stråling, konvektion og varmeledning.

Varme overføres ved *varmeledning*, når legemet er i kontakt med en genstand med en lavere temperatur end kroppens overflade. Ved *konvektion* afgives varme til forbistrømmende luft. Alle varme legemer - også vores krop - udsender *varmestråler* (infrarødt lys) med en frekvens, der er direkte proportional med legemstemperaturen

Når ydertemperaturen overstiger kernetemperaturen, kan kroppen ikke længere komme af med overskudsvarme ved hjælp af de passive metoder - den vil tværtimod modtage varme.

I stedet må kroppen benytte sig af aktiv varmeoverførsel: fra svedkirtlerne udskilles et tyndt lag vand på hudoverfladen. Når vandet fordamper, bliver kroppen afkølet. Svedkirtlerne udfører et arbejde, når de udskiller vand på hudoverfladen. Den aktive varmeoverførsel koster altså ekstra energitilførsel, dvs energiomsætningen i kroppen øges, når ydertemperaturen overstiger kernetemperaturen.

Hvis kroppen uhindret kan afgive varme ved svedning, kan vi holde til temperaturer op til 90 °C (fx en sauna); men hvis luften er mættet med vanddamp, så der ikke kan fordampe vand fra huden, indtræder der varmekok allerede ved 50-55 °C.

□ □ □

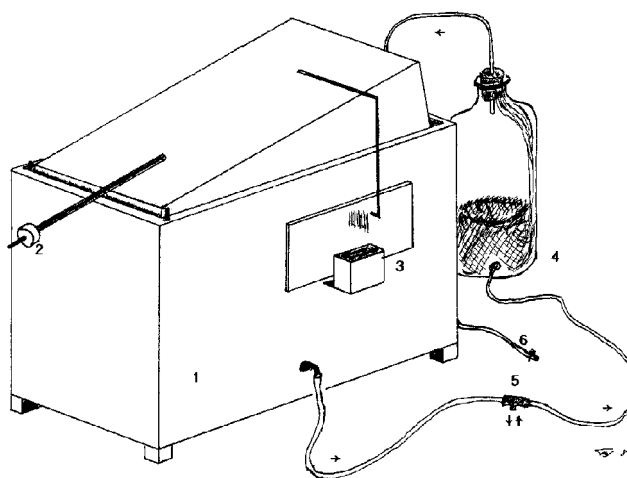
III Måling af stofskifte

I forsøget beregnes stofskiftet i hvile og under arbejde hos forsøgspersonerne ved at måle iltforbruget pr tidsenhed.

Til forsøget anvendes et spirometer med skriver (figur 5).

Figur 5. Spirometer med skriver til stofskiftemåling.

- 1: spirometerkasse med låg,
- 2: kontravægt,
- 3: skriverenhed,
- 4: natronkalkflaske (absorberer kuldioxid og vanddamp i udåndingsluften),
- 5: ventil, som forsøgspersonen ånder igennem,
- 6: forbindelsesslange til iltflaske.



Figur 5

klargøring af spirometer

Afløbsventilen lukkes og vand fyldes i spirometerkassen til 1 cm fra kanten.

Låget lægges på og kontravægten justeres til ligevægt.

Ventil og natronkalkflaske forbindes til spirometeret med slangerne.

Iltflaske tilsluttes og spirometeret fyldes med ilt (spirometeret kan fyldes og tømmes et par gange med ilt for at få ilten fordelt overalt).

Papir sættes fast på skriverenheden.

måling af stofskifte i hvile

Forsøgspersonen lægger sig på en madras eller drømmeseng og slapper af.

Tag næseklemmen på. Tag en dyb indånding - pust ud og tag dernæst ventilmundstykket i munden ved næste indånding.

Træk vejret i normal rytme gennem apparatet 3- 4 minutter, medens spirometerskriveren tegner åndedrætsbevægelserne på papiret.

måling af stofskifte under arbejde

Forsøgspersonen arbejder på ergometercykel 4- 5 minutter med en passende belastning. Herefter tilsluttes apparatet, og der fortsættes med samme belastning ca 1 minut, samtidig med at forsøgspersonen trækker vejret gennem apparatet. Åndedrætskurven tegnes på papirstrimmelen.

Efter endt måling adskilles ventilen og koges sammen med mundstykkerne. Iltflasken fjernes og vandet tømmes ud af apparatet.

beregninger

- 1 Iltforbruget aflæses på spirometerkurverne: hældningskoefficienten til en ret linie gennem åndedrætskurverne toppunkter er lig med iltoptagelsen pr minut. Tallene indføres i skemaet i **kolonne 1 eller 3**.

- 2 Iltoptagelsen skal korrigeres til standardbetingelserne (0 °C og 1 atm. tryk) før videre beregninger.

Korrektionsfaktoren for temperaturen alene fremgår af tabellen (beregning af korrektion: se *note2*):

temperatur °C	korrektionsfaktor
18	0,94
20	0,93
22	0,93
24	0,92

Aflæs temperaturen og indfør den korrigerede iltoptagelse i skemaet i **kolonne 2 eller 4**.

- 3 Stofskiftet beregnes dernæst ud fra den korrigerede iltoptagelse ved at gange med 20,3 kJ l⁻¹ (jvf side 7). Indfør tallene i **kolonne 5 eller 6**.
- 4 Stofskiftet udtrykkes tilsidt i kJ kg⁻¹ døgn⁻¹ (standardenhed) ved at dividere tallene i kolonne 5 eller 6 med personens vægt og gange med 1440 (24 timer á 60 minutter).

Tallene indføres i skemaet i **kolonne 7 eller 8**.

- 5 Arbejdsintensiteten under kørselen på kondicyklen (= effekten, W) kan aflæses på kondicyklen. Indfør tallet i **kolonne 9**.
Effekten omregnes til kJ min^{-1} ved at gange med 0,06: **kolonne 10**.
Nettonyttevirkningen af den udviklede energi findes af følgende udtryk:

$$\text{nettonyttevirkning} = \frac{\text{effekt } [\text{kJ min}^{-1}] \cdot 100}{\text{stofskifte i arbejde } [\text{kJ min}^{-1}] - \text{stofskifte i hvile } [\text{kJ min}^{-1}]} \%$$

Nettonyttevirkningen indføres i skemaet i **kolonne 11**.

resultatbehandling og diskussion

Indtast resultaterne i Mål & Vægt databasen.

Beregn gennemsnitsværdi (evt \pm spredning) for stofskiftet i hvile og for nettonyttevirkningen (med databasestatistikudskrift og regneark kan gns. og spredning beregnes samtidig med at der kan tegnes histogram).

Hvilke standardværdier skal Jeres stofskiftegennemsnit sammenlignes med?

Hvad kan være årsag til eventuelle afvigelser? Hvordan forklares variationen tallene imellem?

Kan I konstatere en alders- og/eller kønsvariation? Indtegn fx i et koordinatsystem stofskiftet som funktion af alder (brug databaseudskrift og regneark). Hvordan kunne en sådan variation forlares?

Gennemsnitsnettonyttevirkningen angives at være 25-30%. Hvad bliver der af resten af energien? Hvad menes der med nettonyttevirkning?

Hvilken forskel er der mellem standardstofskifte og ligevægtstofskifte?

Under hvilke betingelser måles standardstofskiftet? Hvorfor skal disse betingelser være opfyldt?

□ □ □

litteratur

- 1 Malcolm S. Gordon (ed.),
George A. Bartholomew,
Alan D. Grinnell,
C. Barker Jørgensen m.fl.,
Animal Physiology: Principles And Adaptations
Macmillan Publishing Co. 2. udg.
1972
- 2 Peder Helms,
Næringsstoffabeller
Lægeforeningens Forlag 1978;
- 3 Per Rosenkilde (red.),
Grundbog i fysiologi
Nucleus 2. udg. 1983;
- 4 Arthur J. Vander,
James H. Sherman,
Dorothy S. Luciano,
Human Physiology. The Mechanisms of Body Function
McGraw-Hill Book Company 4. udg.
1986;
- 5 Jens Juul Holst,
Leptin- Vorherres slankemiddel?
Ugeskift for Læger 158, 32 1996;
pp.: 4505-4508
- 6 Ludwig von Bertalanffy,
Quantitative Laws In Metabolism And Growth,
The Quarterly Review of Biology
32, 3; 1957. pp. 217-231.

noter

1. Kroppens overfladeareal kan tilnærmet beregnes efter følgende udtryk:

$$\text{Overflade} = 0,007184 (\text{vægt})^{0,425} (\text{højde})^{0,725} \text{ [m}^2\text{]}; \text{ vægt i kg og højde i cm}$$

2. Ved hjælp af gasarternes tilstandsligning kan rumfanget V (iltoptagelsen) ved temperaturen t °C og trykket p mmHg omregnes til standardrumfanget V_0 ved 0 °C (t_0) og trykket 760 mmHg (p_0):

$$V_0 = \frac{p T_0}{p_0 T} V = \frac{p \text{ mmHg } 273 \text{ } ^\circ\text{K}}{760 \text{ mmHg } (273 + t) \text{ } ^\circ\text{K}} V ; t \text{ i } ^\circ\text{C}$$

register

Aktiv varmeoverførsel	11	Spirometer	13
Aminosyre		Standardstofskifte	7
forbrænding af	4	Stofskifte	2
grundmolekyle	2	definition	1
ATP	4-6	forsøg	13
Calorimetri	7	kønsindflydelse på	8
Definition		overflade, kropsstørrelse	9
ATP	6	varmeregulering	9
respiration	4	Stofskifteligevægt	2, 3
stofskifte	1	Stråling	11
Energi		Sved	11
kemisk energi	2, 4	Varmechok	11
varmeenergi	2, 4	Varmeledning	11
Fedtsyre	4	Varmeregulering	9
forbrænding af	4	Varmetab	6
grundmolekyle	2		
Forbrænding af			
aminosyrer	4		
fedtsyrer	4		
glucose	4		
Forbrændingsproces	3, 4		
Glucose	4		
Grundmolekyler	2		
aminosyrer	2		
fedtsyrer	2		
glucose	2		
pulje af	2		
recirkulering	3		
vitaminer og mineraler	2		
Ilt	4		
energiækvivalent	7		
iltforbrug, stofskifteforsøg	13		
stofskiftemåling	7		
Kernetemperatur	11		
Konvektion	11		
Legemstemperatur	9		
Ligevægtstofskifte	7		
Litteratur	19		
Livsprocesser	1		
Mitochondrier	5		
Nettonyttenvirkning	15		
Nettoproduktion	2		
Noter	19		
Overflade	9		
Overskudsvarme	11		
Passiv varmeoverførsel			
konvektion	11		
stråling	11		
varmeledning	11		
Proteinsyntese	5		
Recirkulering	3		
Respiration	2, 4		