

K
O
M
P
E
N
D
I
U
M



Træbuk. Tjekkiet

FYSIOLOGI

Indhold

I	Stofskifte	
	Definition	side 1
	Respiration, ATP	side 6
	Proteinsyntese	side 9
	Stofskiftemåling	side 7
	Stofskiftestørrelse	side 8, 9
	Faktorer der påvirker stofskiftet	
	1 Kønsforskelle	side 11
	2 Overflade, kropsstørrelse	side 12
	3 Temperaturregulering	side 12
	4 Hormoner, regulering	side 14
II	Kropsmål og proportioner	
	Vækst og væstkontrol	side 17
	Normalvægt, ideelvægt, BMI	side ?
	Fedtprocenter og kønsudvikling	side ?
	Proportioner	side ?
III	Ernæring og kostenbefalinger	side 29
IV	Biologiske membraner	side 35
	Litteratur	side 39
	Stikordsregister	side 40

Indledning

I Stofskifte

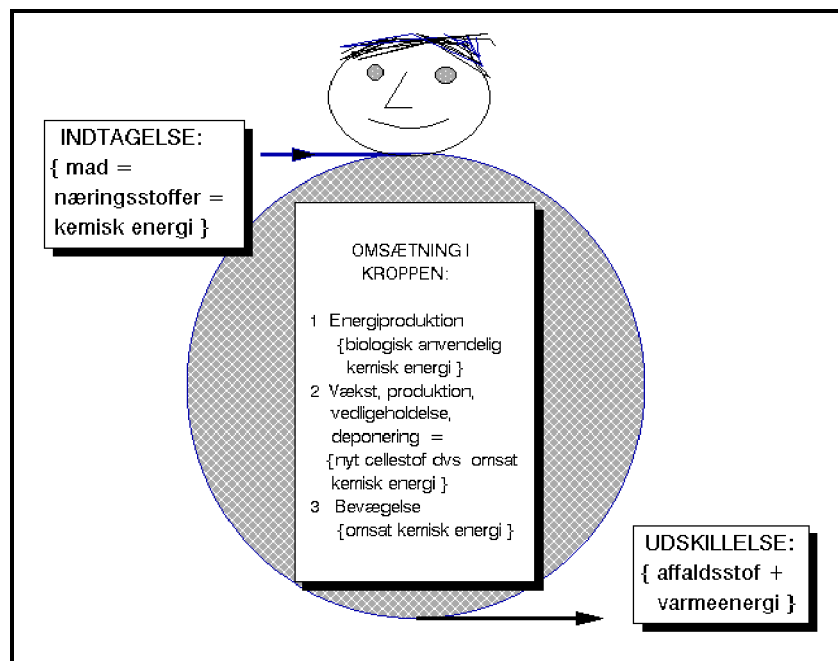
Definition

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

vækst, stofudveksling med omgivelserne, bevægelse, irritabilitet og 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 3. Skematisk oversigt over menneskets stofskifte.



Alle cellerne i menneskets krop bruger energi og omsætter stof. Stof optages af cellerne. Stoffet omformes inde i dem. Tilslidst 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 (om vækst og vækstkontrol, se side 17).

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: $\text{indtag} = \text{tilvækst (incl. deponering)} + \text{forbrug}$; $BP = NP + R$. 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 stofskifteliggvægt, 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 5; kostanbefalinger m.m. se side 29).

Proteinerne spaltes til aminosyrer. Fedtstofferne spaltes til fedtsyrer (og glycerol). Kulhydraterne spaltes til glucose (eller tilsvarende små sukkermolekyler). 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 coenzymmer).

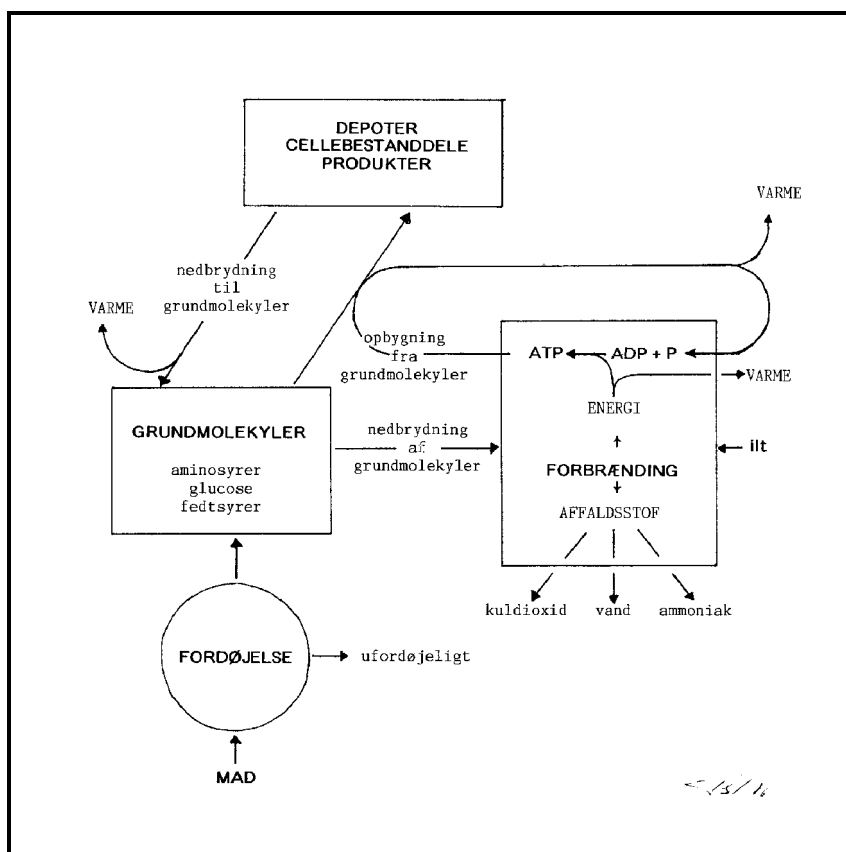
Endelig er der en vis del af føden, som ikke kan fordøjes. Hverken stof eller energi heri kan stilles til rådighed for kroppens celler. Det er denne del af føden, der kaldes fibre. Fibrene (oftest cellulose, pektin og lignende ufordøjelige kulhydrater) er på trods af deres ufordøjelighed en væsentlig 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 cellebestanddele, depotstoffer og celleprodukter ud fra grundmolekylerne i puljen.

Figur 5. Blokdiagram over stofskifteprocesser.

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

- 1) depotstoffer: glycogen eller depotfedt,
- 2) cellebestanddele: enzymer, membranfedtstoffer, ker-nesyrer og lignende,
- 3) produkter: enzymer, hormoner og lignende.



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

Energien skaffes ved at stofferne forbrændes i særlige celleelementer: mitochondrier (se side 6, side 7 og figur 8). Slutprodukterne ved forbrændingen er - foruden energien (ATP og varmeenergi) - affaldsstofferne kuldioxid og vand.

Der mistes desuden 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 stofskifteliggvægt (jvf side 4), når man indtager lige så meget mad, som der forbruges og forsvinder stof fra kroppen.

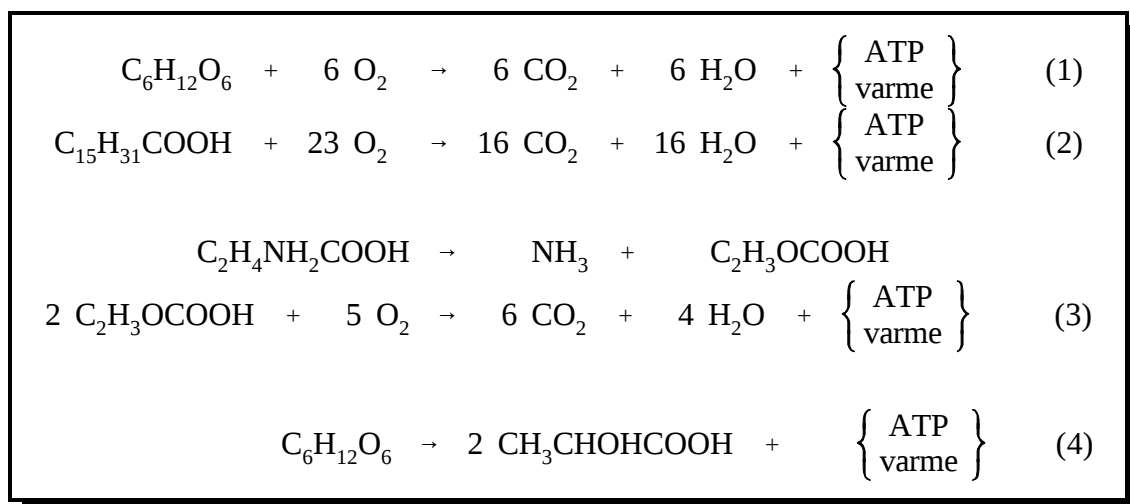
Respiration, ATP

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

Ilt skal bruges i forbrændingsprocesser, der - selvom udgangsstofferne kan være forskellige (kulhydrat, fedt eller protein) - har det samme reaktionsforløb og har de samme slutprodukter (skema 6).

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 6. *Energileverende processer: 1, 2 og 3 er eksempler på forbrændingsprocesser og 4 mælkesyregæring.*

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**.

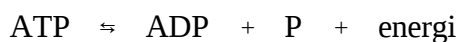
Bemærk at det kun er kulstofdelen af aminosyrerne, der forbrændes. Aminodelen spaltes fra og omdannes til urinstof. Urinstoffet udskilles dernæst gennem nyrerne.

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.

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 6). Det er kun muskelceller, der råder over denne alternative energiproduktion.



Skema 7. 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%.

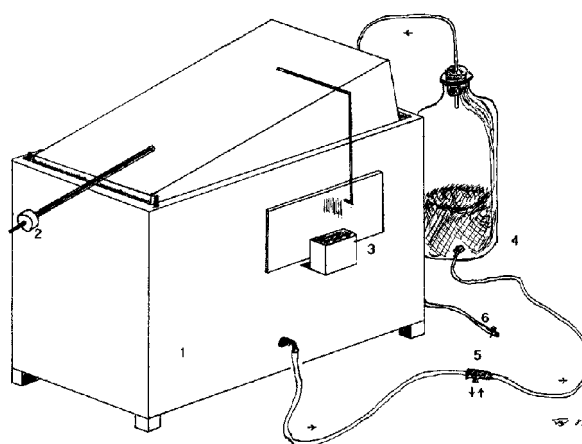
Alle de energikrævende stofskifteprocesser, der foregår i kroppens celler, forbruger ATP. Ved at spalte ATP til ADP og frit fosfat (P) kan stofskifteenzymene overføre energien til nyt stof, eller energien kan udnyttes til bevægelse i muskelceller (figur 5 og 8).

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

Stofskiftemåling

Der skal bruges ilt til forbrændingsprocesserne i kroppen (se figur 5 og 8 samt skema 6).

Iltforbruget vil derfor være proportionalt med energiproduktionen i kroppen: forudsat en normalt sammensat kost, vil 1 liter ilt svare til en energiproduktion på 20,3 kJ.

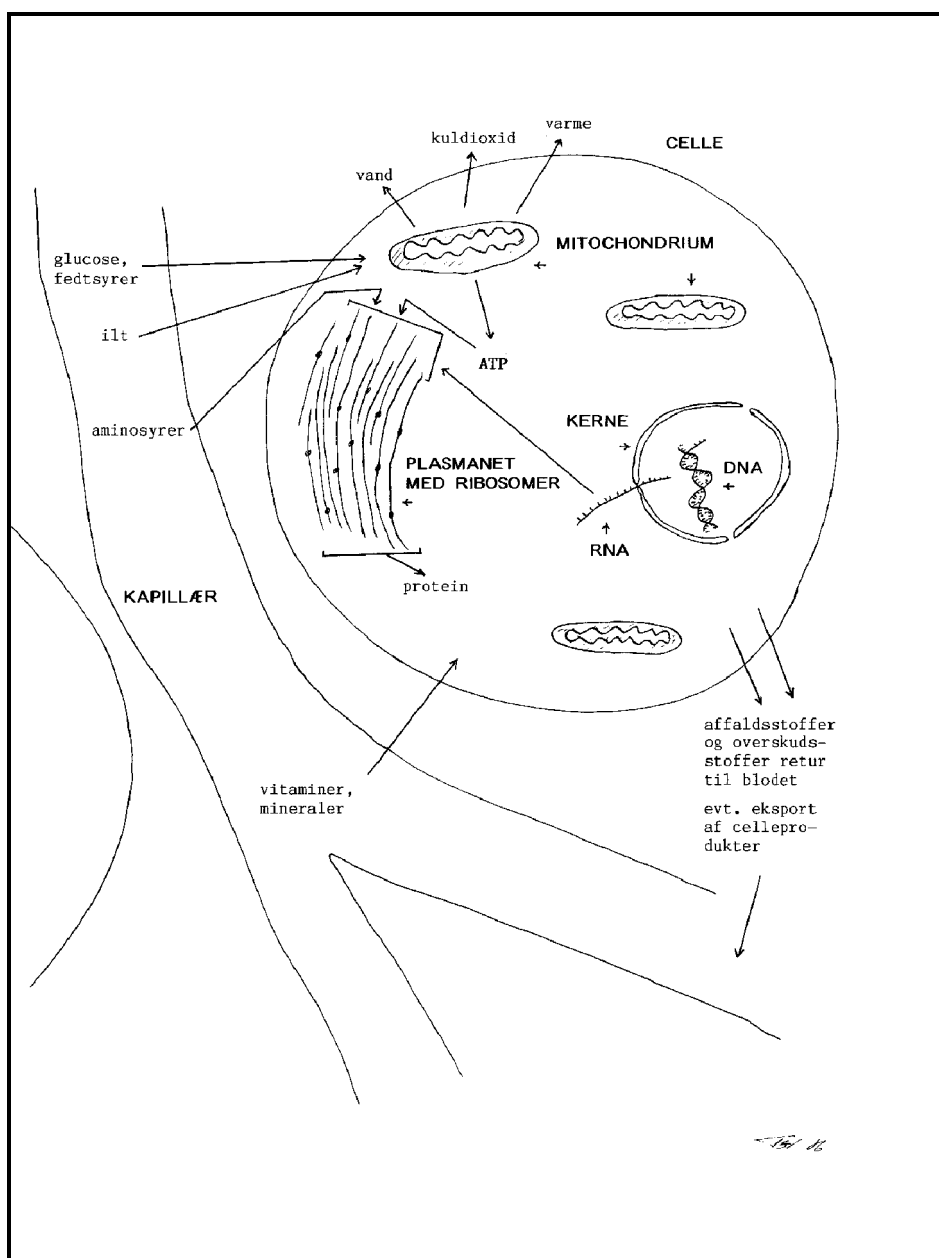


Figur 7 Vippespirometer til måling af iltoptagelse. Kammeret (1) fyldes med ren ilt. Udåndingsluften ledes gennem en kuldioxid- og vand-absorberende flaske (4) tilbage til kammeret. Skrивeren (3) viser iltoptagelsen.

Trækker man vejret tilkoblet et lukket, iltfyldt system (figur 7), 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.

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).



Figur 8. Protein-syntese.

- et eksempel på stofskifteprocesser i cellen: Cellerne for-

synes 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.

Proteinsyntese - eksempel på stofskifteproces

Hvis energien skal bruges til at opbygge cellestof, fx protein, skal flere celleorganeller samarbejde om opgaven. Figur 8 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 sammenkobles i rækkefølge efter. Selve sammenkoblingen af aminosyrerne foregår i cellens cytoplasma. Her findes et net af membraner (plasmaet = endoplasmatiske retikulum; 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.

Standardstofskifte - ligevægtstofskifte

Måler man stofskiftet efter 12 timers faste, med personen i hvile og ved en rumtemperatur på 25 °C, får man en minimumsstofskifteverdi 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 3), således at personen hverken taber sig eller tager på.

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

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.

□ □ □

Faktorer der påvirker stofskiftet

1 køn

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

piger 1 år: $225 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ - **drenge 1 år:** $230 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$
piger 14 år: $120 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$ - **drenge 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 ♂:** $110 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$

			Legemsvægt i kilogram							
Mænd	Kvinder	% Fedt	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							

(Helms efter Durnin & Passmore (7))

Tabel 11. Standardstofskifte hos voksne i $\text{kJ kg}^{-1} \text{ døgn}^{-1}$.

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

2 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 11). Forskellen formindskes eller forsvinder hvis stofskiftet udtrykkes pr overfladeenhed (kJ m^{-2})¹.

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 spørgsmålet 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.

3 omgivelsernes temperatur, varmeregulering

Mennesket er en ensvarm (homeoterm) organisme, som udnytter varmeproduktionen ved stofskifteprocesserne til at opretholde en konstant legemstemperatur (gennemsnitstemperatur = 37 °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.

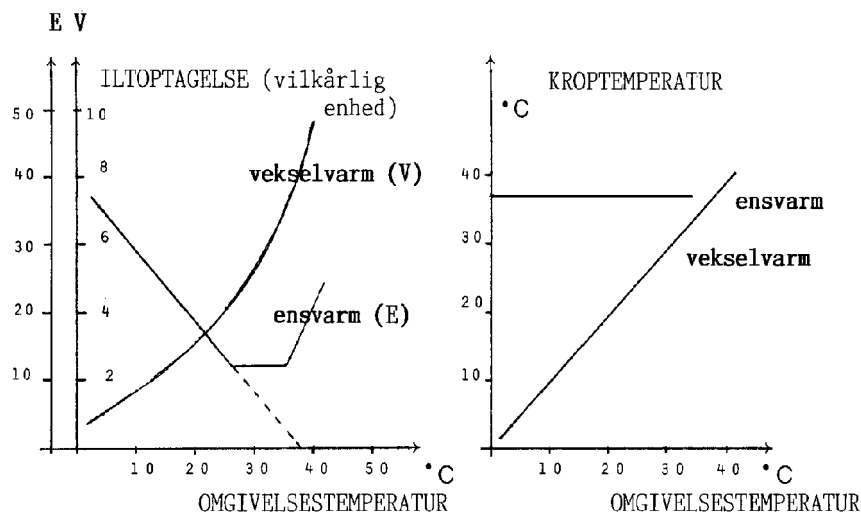
Des lavere ydertemperatur - jo højere er iltoptagelsen (figur 13). Ved meget lave temperaturer kan op til 70% af energiomsætningen i kroppen gå til varmeproduktion.

¹ Kroppens overfladeareal kan tilnærmet beregnes efter følgende udtryk:

$$\text{Overflade} = 0,007184 (\text{vægt})^{0,425} (\text{højde})^{0,725} [\text{m}^2]; \text{ vægt i kg og højde i cm} \quad (1)$$

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 13. Ilt-optagelse og kropstemperatur hos en hypotetisk ensvarm (homeoterm) organisme og en hypotetisk vekselvarm (poikiloterm) organisme.



(efter Gordon, m.fl. (8))

Figur 13. Iltoptagelse og kropstemperatur som funktion af omgivelsestemperatur.

Figur 13 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 8, 9).

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.

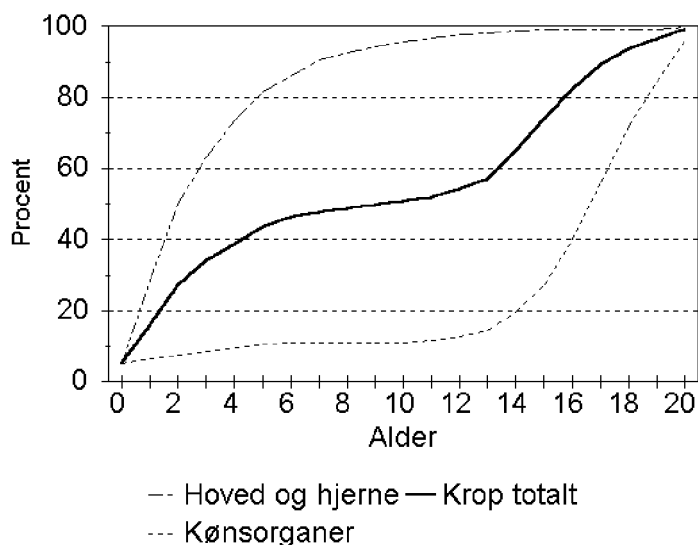
Hvis kroppen uhindret kan afgive varme ved svedning, kan vi holde til temperaturer op til 90 °C (fx en sauna); men hvis luften er mættet med vanddamp, så der ikke kan fordampe vand fra huden, indtræder der varmeklok allerede ved 50-55 °C.

4 hormoner, regulering

II Kropsmål og proportioner

Vækst og vækstkontrol

Et menneske starter som en enkelt celle - den befrugtede ægcelle. Derefter følger celledeling på celledeling indtil det udvoksede individ indeholder milliarder af celler. Cellerne uddifferentieres undervejs og arrangerer sig i grupper, der bliver til specialiserede organer og væv - hver med deres karakteristiske væksthastighed (fig. 17-a).



Figur 17-a.

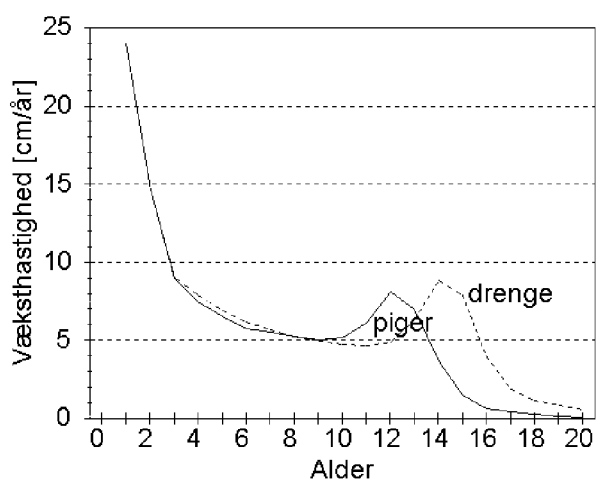
Relativ vækst af kroppens forskellige dele.
Størrelsen ved 20 års alderen er sat til 100 %.
(efter 1)

Egentlig vækst i biologisk forstand indebærer, at der foregår cellevækst og celledelinger, fx forlængelse af knogler;

medens ophobning af kropsvæske eller depotfedt - selv om det viser sig som vægtforøgelse - ikke regnes for vækst.

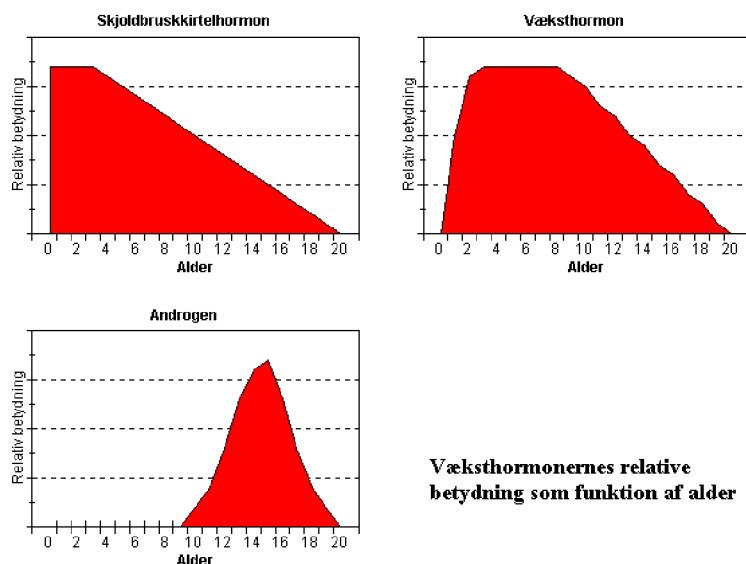
Når forbeningen af knoglerne er endeligt afsluttet ved 18-20 års alderen - dvs. når vækstsporten ebber ud (se figur 17-b) - har individet nået sin vækstgrænse: han eller hun er udvokset.

Resultatet - størrelsen af den udvoksede krop - er bestemt af indre faktorer: gener (dvs. arv fra forældrene) og ydre faktorer: fx mad, klima, fysisk arbejde, samt den tid, vækstprocesserne får lov at virke i - dvs. hvornår vækstsporten sætter ind og hvornår den afsluttes.



Figur 17-b Væksthastighed hos piger og drenge som funktion af alder.
Puberteten indtræder ca 2 år tidligere hos piger end hos drenge
(efter 2)

Selve væksten kontrolleres og koordineres af et stort antal hormoner i kroppen (se oversigt i tabel 1), hvoraf de mest betydningsfulde er væksthormonet fra hypofysen, skjoldbruskkirtelhormonerne og androgener (hanlige kønshormoner) fra testikler og binyrer.



Figur 18 Væksthormonernes relative betydning fra 0 til 20 års alderen.
(efter 1)

Væksten kan inddeles i to faser (se figur 17 og 18):

1. fase: Gradvis faldende vækst i de første ca 10 år. I denne fase kontrolleres væksten (se figur 18) af væksthormonet og skjoldbruskkirtelhormonerne.
2. fase: Vækstspurten fra pubertetens indtræden til individet er udvokset. De to foregående hormoners betydning aftager gradvist, men til gengæld kontrolleres vækstspurten og tidspunktet for vækstophør næsten enerådende af androgener (figur 18).

Væksthormonet kontrollerer væksten på flere niveauer:

Væksthormonet virker direkte på knogler og andre voksende væv ved at stimulere proteinsyntesen i cellerne og væksthormonet kontrollerer samtidigt indirekte celledelingsaktiviteten i knoglerne (og formodentligt også andre væv) ved at

- 1) stimulere knoglecelleforstadier til modning,
- 2) stimulere leveren til produktion af hormonet *somatomedin*² og
- 3) stimulere knoglecellerne til at reagere på somatomedin og desuden selv at producere det. Det er somatomedin der direkte stimulerer cellerne til deling.

²

Somatomedin C. Dette hormon kaldes også insulinlignende vækstfaktor 1: IGF-1

Tabel 19 Oversigt over de vigtigste vækstkontrollerende hormoner (efter 3)		
<i>hormon</i>	<i>produktionssted</i>	<i>virkning</i>
væksthormon	hypofyse	indirekte vækstkontrol; virker ved at kontrollere somatomedin; stimulerer proteinsyntese
somatomedin C (= IGF-1)	lever	stimulerer knoglevækst; stimulerer mitoser i vækstzoner i knoglerne
thyroxin og trijodothyronin	skjoldbruskkirtel	forudsætning for at væksthormonet kan virke (dvs permissivt hormon) kontrollerer selvstændigt stofskifte og varmeregulering
androgen (♂): testosteron	testikler	vækstkontrol uafhængig af somatomedin; kraftig stimulering af proteinsyntese overalt i kroppen, vækstsporten igangsættes og kontrolleres; vækstophør ved at afslutte forbeningen af rørknoglerne
androgen (♀): dehydroepiandrosteron	binyrebark	samme, men ikke så kraftig som testosteron
østrogen (♀): 1) østradiol (2/3) 2) omdannet androgen (1/3)	ovarier fedtvæv	stimulerer vækst i små doser ved at stimulere væksthormonproduktion; hæmmer vækst i større doser ved at hæmme somatomedins virkning
østrogen (♂):	binyrebark	samme, men ringe betydning
insulin	bugspytkirtel	generelt stimulerende på proteinsyntese ved at øge aminosyretransport ind i cellerne; aktiverer ribosomer
cortison	binyrebark	bremser vækst

Væksthormonet udskilles det meste af døgnet i meget små mængder med nogle timers mellemrum. Derimod udskilles en større mængde et par timer efter at barnet er faldet i søvn om aftenen, således at den intensive vækst primært foregår i nattetimerne.

Skjoldbruskkirtelhormonerne fungerer formentligt primært som signaloverførselshormon i cellerne men forstærker måske også somatomedins virkning. De skal være tilstede

for at væksthormonet virker effektivt; men de har ikke en selvstændig indflydelse på vækstprocesserne. Derimod kontrollerer skjoldbruskkirtelhormonerne stofskiftet i kroppen - dvs. energiomsætning og stofomsætning (se side 3, 4 og 14) - og har på den måde en stor indirekte vækstindflydelse.

Ved pubertetens indtræden i 10-12 års alderen starter produktionen af kønshormoner (*østrogen* og *androgen*, se oversigt i tabel 19).

Det er *androgen*erne, der har den altafgørende indflydelse på den afsluttende fase af vækstforløbet. Androgen stimulerer direkte (dvs uden om somatomedin) proteinsyntese og cellevækst overalt i kroppen.

Østrogen stimulerer vækst ved at stimulere væksthormonproduktionen; men høje koncentrationer af østrogen blokerer vækstprocesserne ved at hæmme somatomedins virkning.

Androgen har desuden en vækststandsende effekt ved, samtidigt med at stimulere knoglecellerne til at dele sig, at stimulere samme knogleceller til at forbenes, hvorved yderligere vækst er blokeret.

Knoglerne forbenes gradvis gennem 1. vækstfase således, at der ved pubertetens indtræden kun en smal zone tilbage i hver ende af knoglerne (rørknoglerne i ben og arme) på overgangen mellem knoglehoved og knogleskaft.

Det er cellerne i denne vækstzone der stimuleres til vækstspurten af androgen og østrogen og det er disse knogleceller, der endeligt forbenes under indflydelse af androgen..

Når forbeningen er gennemført også i vækstzonen, er væksten afsluttet.

Puberteten starter et par år tidligere hos piger end hos drenge. Androgen fra binyrerne og østrogen fra de voksende ovarier igangsætter vækstspurten; men snart bliver østrogenmængden for stor til at opretholde den høje væksthastighed - androgenets forbeningsvirkning får overtaget, og pigens højdevækst ophører ved 16-18 års alderen. Det kan være nødvendigt at forsinke kønsmodningen hos piger, der meget tidligt kommer i puberteten (8-10 års alderen), for at give kroppen tid til at vokse, således at pigerne kan nå den normale højde for kvinder.

Drenge har en længere 1. vækstfase, desuden er drengenes vækstspurt kraftigere på grund af at testosteron virker mere effektivt væksthormon end pigernes androgen og endelig er vækstspurten længere, fordi testosterons forbeningseffekt i længere tid overdøves af den væksthormon fremmende effekt. Væksten er først ophørt i 18-20 års alderen.

Alt i alt bliver mænd gennemsnitligt 15 cm højere end kvinder. Når kroppen er udviklet er væksthormonernes hovedrolle udspillet; dog er der tilbage en vigtig vedligeholdelse af kroppens væv og organer.

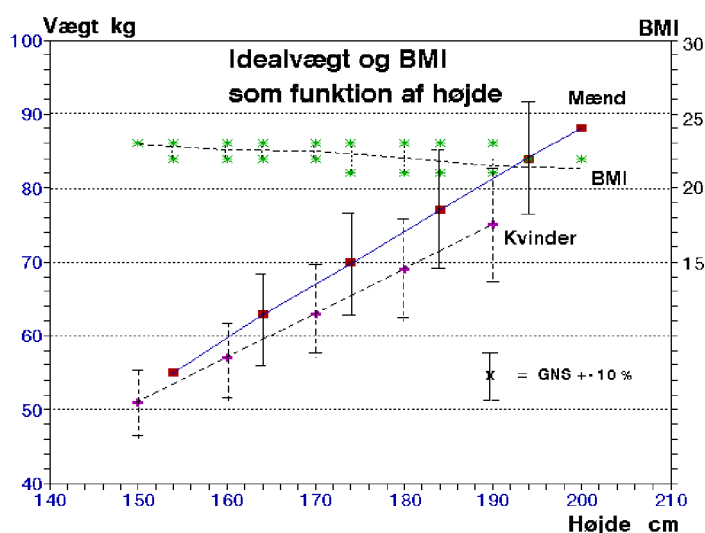
Slimhinder, hud, hår, m.m. vokser fortsat, og der skal til stadighed fornyes celler, der er ødelagt eller nedslidte i væv og organer.

Også her kontrolleres vækst og vedligeholdelse af væksthormonerne i samspil - men kroppen bliver ikke større.

Normalvægt, Idealvægt, BMI, etc

Indsætter man sammenhørende målinger af højde og vægt i et diagram (x-akse: højde; y-akse: vægt, jvf figur 21) får man et højde-vægt diagram. Hvis man beregner den rette linie (mænd og kvinder for sig), der bedst tilpasses punktmængden får man et udtryk for **normalvægten**, dvs. den gennemsnitlige vægt, der svarer til en given persons højde.

Tabeller over idealvægt bygger på sådanne målinger af højde og vægt i store befolkningsgrupper (især engelske og amerikanske). Det har vist sig, at de personer, der levede længst, havde en vægt i forhold til højden, som lå indenfor visse grænser - området mellem disse grænser kaldes **idealvægten**.



Figur 21 Idealvægt (gns. $\pm 10\%$) og BMI som funktion af højden. (efter 4 og 6)

Idealvægtstabeller (højde-vægt tabeller) er meget generelle og tager ikke hensyn til individuelle forskelligheder som fx kropsbygning og træningstilstand.

Tabellerne bygger endvidere på forskellige kilder, så man kan være overvægtig efter en tabel og ideal efter en anden.

I figur 21 er en idealvægt-tabel omsat til et diagram. Gennemsnitsidealvægten er afbildet som funktion af højden.

De lodrette streger angiver variationsbredden ($\pm 10\%$).

Okholm³ har justeret begrebet idealvægt til danske forhold, da moderne danskere både er højere og tyndere end standardtabellerne angiver. De beregnede idealvægte er gennemsnit, og man må regne med en variationsbredde på $\pm 10\%$.

Når højde-vægt tabeller alligevel kun er retningsgivende, kan man lige så godt forlade begrebet idealvægt. I stedet for tabellerne benytter man i dag et indextal - beregnet som forholdet mellem faktisk vægt og højde - til vurdering af graden af overvægt:

³ "Okholms formler":

idealvægt (♀) = (højde - 100) * 0,9 - 4 og

idealvægt (♂) = (højde - 100) * 0,9 - 1 ; [højde i cm] (efter 5)

$$\text{BMI} = \text{Body Mass Index} = \frac{\text{vægt [i kg]}}{\text{højde}^2 \text{ [i m]}}$$

En BMI værdi mellem 20 og 25 regnes for normal. Ligger BMI over 25, er der tale om let overvægt, og ligger BMI over 30, er der tale om svær overvægt.

Figur 21 viser til sammenligning med ideelvægten de tilsvarende BMI værdier for gennemsnits-ideelvægtene. De øverste værdier er for mænd, de nederste for kvinder, men BMI beregningen er i praksis kønsneutral. Desuden er hele variationsbredden i ideelvægtangivelsen indeholdt i intervallet 20-25.

Heller ikke BMI værdien tager dog hensyn til individuelle forskelligheder som fx kroppsbygning og træningstilstand.

Sammenhængen mellem BMI, forskellige grader af under-/overvægt og dødsrisiko fremgår af figur 22. Den statistiske sammenhæng der kunne konstateres mellem forventet levealder og vægt, og som var begrundelsen for at indføre begrebet ideelvægt, gælder også når overvægten vurderes i form af BMI.

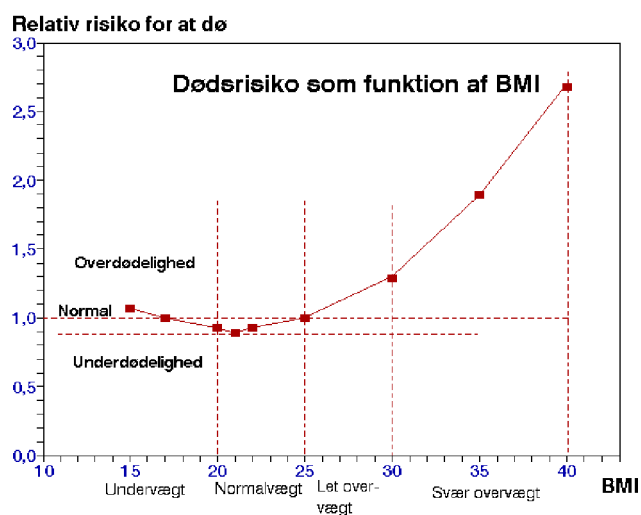
Let undervægt (10 % under "ideelvægten" eller BMI 20-22) viser sig statistisk at være en fordel, idet der kan konstateres en lille, men tydelig underdødelighed i denne befolkningsgruppe.

Mængden af og ikke mindst fordelingen af fedtvæv er dog altid det vigtigste kriterium, når overvægt/undervægt skal vurderes.

Fedtets placering på kroppen er afgørende for, om der er en helbredsrisiko ved at være let overvægtig.

Sidder fedtet omkring indvolde og under bughuden (på "maven"), så kroppen får "æblefacon", er risikoen betragtelig. Fedtet fra denne type depot er mere mobilt, dermed er der større fedtindhold i blodet og risikoen for kredsløbspåvirkninger er øget.

Sidder fedtet derimod på hofterne, bagdel og lår, er fedtet mindre mobilt, og overvægten er ret ufarlig. Kroppen har "pærefacon".



Figur 22

Sammenhæng mellem BMI, under/overvægt og dødsrisiko. (efter 6)

Fedtets placering vurderes ved at udregne talje:hofte forholdet:

Hvis forholdet er **1,0 for** ♂ og **0,8 for** ♀, har personen "*pærefacon*" og en eventuel lille overvægt er ret ufarlig.

□ □ □

Litteratur

- | | |
|--|--|
| <p>1 William F. Ganong,
Review of Medical Physiology
Lange Medical Publications 12. ed.. 1985.</p> <p>2 Per Rosenkilde (red.),
Grundbog i fysiologi
Nucleus 2. udg. 1983.</p> <p>3 Arthur J. Vander,
James H. Sherman,
Dorothy S. Luciano,
Human Physiology. The Mechanisms of Body Function
McGraw-Hill Book Company 4. ed. 1986.</p> <p>4 Lise Johnsen,
Slank med motion.
Morgenavisen Jyllands-Posten 26. januar 1989.</p> <p>5 Statens Husholdningsråd,
Slankekost.
Pjece nr 3 1982.</p> <p>6 Merete Osler,
Teis Andersen,
Arne Astrup,
Stig Sonne-Holm,
Vægt og form
Levnedsmiddelstyrelsen 1991</p> <p>7 Peder Helms,
Næringsstofftabeller
Lægeforeningens Forlag 1978</p> <p>8 Malcolm S. Gordon (ed.),
George A. Bartholomew,
Alan D. Grinnell,
C. Barker Jørgensen, m.fl.,
Animal Physiology: Principles And Adaptations
Macmillan Publishing Co. 2. ed. 1972</p> | <p>9 Jens Juul Holst,
Leptin - Vorherres slankemiddel?
Ugeskrift for Læger 158, 32 1996; pp: 4505-4508</p> <p>10 F. H. Bronson,
Judith M. Manning,
The Energetic Regulation of Ovulation: A Realistic Role for Body Fat
Biology of Reproduction 44, 6
1991; pp.: 945-950</p> <p>11 Rose E. Frisch,
Fatness, menarche, and female fertility
Perspectives in Biology and Medicine 28, 4 1985;
pp.: 611-633</p> <p>12 Rose E. Frisch,
Fatness of Girls from Menarche to Age 18 Years, with a Nomogram
Human Biology 48, 2 1976; pp.: 353-359</p> <p>13 Lis Olesen Larsen,
Menneskets forplantning.
Kaskelot 1980.</p> <p>14 E. David Mellits,
Donald B. Cheek,
The Assessment Of Body Water And Fatness From Infancy To Adulthood
Monographs Soc. Res. Child Development 35, 7 1970;
pp.: 12-26</p> <p>15</p> |
|--|--|

Register

Aktiv varmeoverførsel	14	HDL	30
Aminosyre		Hormoner	
forbrænding af	6	vækstkontrollerende	19
grundmolekyle	4	Højde-vægt	
ATP	6, 7	diagram, normalvægt	21
BMI		tabeller, ideelvægt	21
definition	22	Ideelvægt	21
dødsrisiko	22	Ilt	6
Calorimetri	8	energiækvivalent	7
direkte calorimetri	8	stofskiftemåling	7
indirekte calorimetri	8	Kernetemperatur	14
Celledelingsaktivitet	18	Konvektion	13
Definition		Kropsfedt	
ATP	7	fedtprocent	24
respiration	6	æble-/pærefacon	22
Energi		Kønshormoner	
kemisk energi	4, 6	androgen	20
varmeenergi	4, 6	pubertet	20
Fedtsyre	6	østrogen	20
forbrænding af	6	LDL	30
grundmolekyle	4	Legemstemperatur	12
Fedtsyrer		Ligevægtstofskifte	9
kolesterol	30	Livsprocesser	3
lipoproteiner	30	M:P:S forhold	30
M:P:S forholdet	30	Mitochondrier	7
monoumættede	30	Nettoproduktion	4
mættede	30	Normalvægt	21
polyumættede	30	Okholms formler	21
Forbening af knogler	17	Overflade	12
Forbrænding af		Overskudsvarme	14
aminozyrer	6	Passiv varmeoverførsel	
fedtsyrer	6	konvektion	13
glucose	6	stråling	13
Forbrændingsproces	5, 6	varmeledning	13
Glucose	6	Proportioner	26
Grundmolekyler	4	"det gyldne snit"	24
aminozyrer	4	Proteinsyntese	8
fedtsyrer	4	Pubertet	20
glucose	4	Pærefacon; t:h forhold	22
pulje af	4	Recirkulering	5
recirkulering	5	Respiration	4, 6
vitaminer og mineraler	4	Somatomedin	18
Standardstofskifte	9	Stofskifte	4

kønsindflydelse på	11	Vækst	
overflade, kropsstørrelse	12	definition	17
varmeregulering	12	vækstfaser	18
Stofskifteliggvægt	4, 5	vækstspurt	17
Stråling	13	vækstzone	20
Sved	14	Vækst og vækstkontrol	17
Talje:hofte forhold	23	Vækstfaser	18
Varmedok	14	Væksthormon	18
Varmedning	13	Væksthormoner	
Varmeregulering	12	androgener	20
Varmedab	7	oversigtstabel	19
Vippespirometer	7	skjoldbruskkirtelhormoner	19
VLDL	30	somatomedin	18
Vægt		væksthormon	18
BMI	22	østrogen	20
ideelvægt	21	Vækstspurt	17, 18
normalvægt	21	Vækstzone	20
overvægt	22	æblefacon; t:h forhold	22
pærefacon	22		
æblefacon	22		