



Undervandsvejning

*Metoder til  
bestemmelse*

*af fedtprocent*



## Indhold

---

Indledning .....	Side 5
Oversigt over metoder: .....	Side 6
1 Måling af densitet eller vandindhold .....	Side 7
2 Impedansmåling .....	Side 8
3 Kropsmålinger .....	Side 9
3a Hudfoldsmålinger .....	Side 9
3b Højde - vægt målinger .....	Side 11
3c BMI .....	Side 12
3d Håndleds og knæledsdiameter .....	Side 13
Litteratur .....	Side 15

---



## Indledning

Fedtmængden i kroppen har fysiologisk og medicinsk betydning både med hensyn til generel sundhed og opretholdelse af normale kropsfunktioner.

Voksne kvinder har i gennemsnit 29 % kropfedt, medens fedtprocenten hos mænd er under halvdelen af dette (gennemsnit 13 %).

Børn af begge køn i 6 års alderen har gennemsnitligt 12-14 % fedt (se tabel 1); derfor må forskellen hos de voksne være en effekt af kønhormonernes forskelligartede virkning under vækstspurten og kønsmodningen.

Samordningen af vækst og kønsmodning hos drenge er ukompliceret. Efter pubertetens start stabiliseres testosteronproduktinen og sædcelleproduktionen i løbet af et par år. Dernæst følger den fysiske udvikling til drengen er udvokset. Testosteron stimulerer ensidigt udviklingen af muskelvæv; det betyder, at den relative mængde kropsfedt falder, således at fedtvævet hos den voksne mand gennemsnitligt kun udgør 13 % af kropsvægten.

Derimod er pigernes udvikling mere kompleks, fordi den fysiske udvikling af kroppen skal foregå samtidig med den indre synkronisering af ægmodning og menstruationer. Den fysiske udvikling hos pigen begynder med vækst af brysterne, dernæst følger vækstspurten og vægtstigningen, herunder den relativt større fedtphobning. Første menstruation kommer i 12-13 års alderen, men en stabil menstruationscyklus og dermed en stabil ægmodning er først færdigudviklet i 16-17 års alderen.

Køn	Fedt%	Alder		
		6 år	12 år	19 år
♂	Median	12	15	12
	Interval (25 - 75 percentil)	11-14	12-21	10-18
♀	Median	14	18	23
	Interval (25-75 percentil)	12-17	15-23	20-26

**Tabel 1** Målinger af fedtprocent hos børn og unge.

(*efter 10*)

Det ser ud til at tidspunktet for første menstruation er nøjere knyttet til en bestemt vægt end til alder eller højde:

- Piger med en hastigere vækst og en større fedtphobning får tidligere menstruation end langsomt voksende piger og meget magre piger
- Gennemsnitsalderen for første menstruation har været markant faldende i Vesteuropa og Nordamerika de seneste 100-150 år; en tendens man traditionelt har forklaret med bedre ernæring.
- Man ved at en ellers stabil menstruationscyklus hos piger over 18 år bliver ustabil eller ophører hvis fedtprocenten falder under ca 22.
- Piger der dyrker meget intensiv sport i 10-16 års alderen kan få en forsinket kønsmodning eller få midlertidigt standset menstruationerne, hvis de er kommet igang.

Disse forhold har givet ophav til en teori (se 11,12) om at første menstruation er forbundet med

opbygning af en mindste, absolut fedtmængde, udmøntet i en kritisk vægt på 46-47 kg og en fedtprocent på ca 22.

For store mængder fedt hos børn eller voksne er forbundet med risiko for udvikling af hjerte-karsygdomme, diabetes 2 eller andre såkaldte livsstilsygdomme.

Overvægt vurderes ofte ved beregning af BMI (Body Mass Index). Et BMI i intervallet 20-25 (nu ofte 18-23) regnes for normalt; kommer BMI over ca 30 er der tale om overvægt.

Det er derfor relevant, at kunne måle eller beregne fedtmængden eller fedtprocenten i en person. Da fedtmængden ikke kan måles direkte, er der udviklet flere forskellige metoder til at kunne beregne fedtindhold eller fedtprocent.

## **Oversigt over metoder:**

- 1. Måling af densitet eller vandindhold**
- 2. Impedansmåling**
- 3. Kropsmål**
  - a. Hudfoldsmåling**
  - b. Højde og vægt**
  - c. BMI**
  - d. Håndleds- og knæledsdiameter**

Begge metoder i kategori 1 er præcise, men desværre samtidig meget tidskrævende og besværlige. Derfor er man i praksis nødt til at arbejde med mere simple teknikker.

Ved at sammenholde data fra densitetsmåling eller bestemmelse af vandindhold med samtidig impedansmåling eller forskellige kropsmål fra samme gruppe af forsøgspersoner, kan man konstruere et regneudtryk, der giver en rimelig overensstemmelse med de mere direkte målinger. Disse teknikker anvendes i kategori 2 og 3.

□ □ □

# 1 Måling af densitet eller vandindhold

De to mest direkte målinger er bestemmelse af densitet eller vandindhold

Fælles for metoderne er antagelsen, at menneskekroppen er sammensat af to indbyrdes stabile komponenter:

- 1) *kropsfedt; som udgør en vandfri og  $K^+$ -fri kropsdel med en gennemsnitlig massefylde =  $0,90 \text{ kg l}^{-1}$*
- 2) *fedtfri masse, dvs resten af kroppen; vandindhold  $720 \text{ g kg}^{-1}$  (72%),  $K^+$  indhold  $68 \text{ mmol kg}^{-1}$  ( $\sigma$ )/ $61 \text{ mmol kg}^{-1}$  ( $\varphi$ ) og en gennemsnitlig massefylde =  $1,10 \text{ kg l}^{-1}$ .*

Hvis man måler enten *densiteten (massefylden)*, *det totale  $K^+$  indhold* eller *det totale vandindhold*, kan forholdet mellem de to komponenter beregnes. Derefter kan man så beregne fedtmængden i kroppen.

Vandindholdet kan findes ved at måle fortyndingen af en kendt mængde sporstoffer, som sprøjtes ind i blodet;  $K^+$  - metoden bruges sjældent, medens den mest brugte metode er densitetsmåling.

## Densitetsmåling

Man måler kropsmassefylden (densitet) ved at veje personen totalt neddykket i vand. Densiteten beregnes efter Archimedes Lov:

$$\text{densitet} = \frac{vægt_{\text{luft}}}{\frac{vægt_{\text{luft}} - (vægt_{\text{vand}} - vægt_{\text{stol, ophæng)}}}{d_{\text{vand}}} - \text{lungevolumen}}; \quad \left[ \begin{array}{l} \text{vægt i g, volumen i cm}^3, \\ d_{\text{vand}} = \text{vands densitet (temp.)} \end{array} \right]$$

Fedtprocenten kan derefter beregnes af følgende formel:

$$\text{fedt}\% = \left( \frac{4,95}{\text{densitet}} - 4,50 \right) 100 \quad (4,9)$$

□ □ □

## 2 Impedansmåling

Metoden anvender en svag vekselstrøm (800  $\mu$ A, 50 kHz) til at måle impedansen i hele kroppen, benene eller armene. Impedansmåling og højde- og vægtdata, sammenholdt med densitetsmålinger af en gruppe forsøgspersoner (135 personer, 18-58 år (5)) er omsat til følgende standardberegningsmodel:

$$fedt\% = 100 - \frac{\left( \frac{\beta \text{ højde}^2}{\text{impedans}} \right)}{\text{vægt}}; \left[ \begin{array}{l} \text{proportionalitetsfaktoren } \beta \\ \text{afhængig af køn og måleområde} \end{array} \right] \quad (5)$$

Det er ikke oplyst, hvilken konkret beregningsmodel, der ligger bag den fedtprocentmåler, der anvendes i det følgende.

### Indstilling:

Tænd for apparatet.

Tryk på "set" og indstil korrekte værdier for højde, vægt, alder og køn.

Skærmen viser "ready".

### Måling:

Hold om begge elektrodehåndtagene således at tommelfingrene er opad og hviler på apparatet ved siden af skærmen

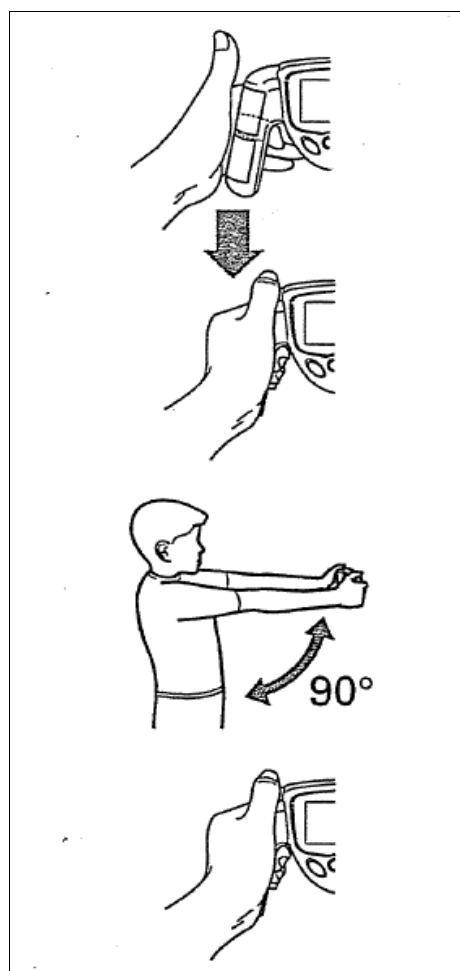
Tryk på "start"

Hold armene udstrakt i en 90 graders vinkel foran kroppen.

Hvis apparatet holdes korrekt og der er kontakt i elektroderne starter målingen.

Angivet usikkerhed:  $\pm 4$  procentpoint.

**Fedt% vises på skærmen**



□ □ □

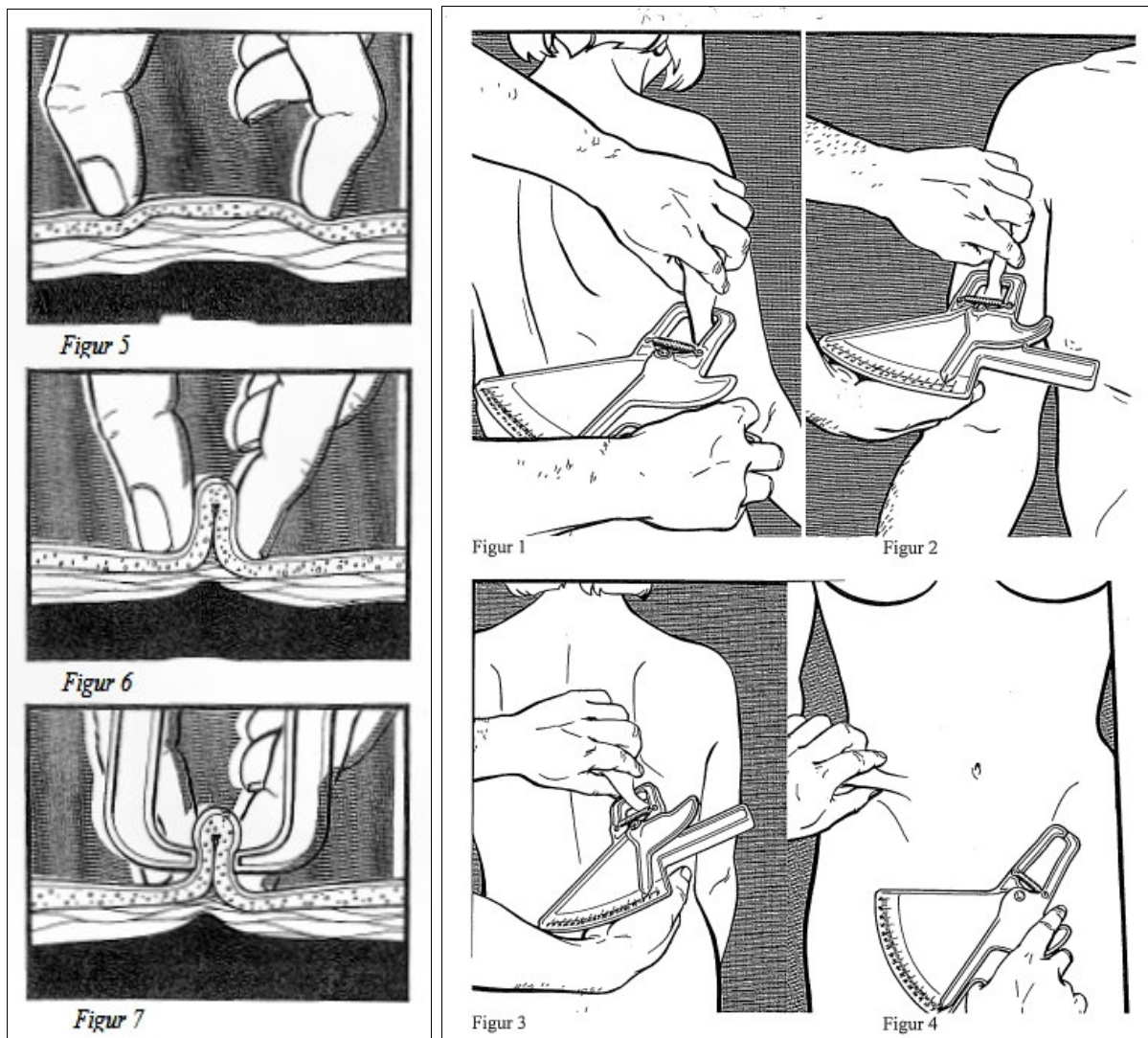


### 3 Kropsmålinger

Metoderne er baseret på indirekte beregning af fedtprocenten ud fra målinger af forskellige kroppsparametre og sammenligning med densitetsmåling eller beregning af vandindhold.

- a hudfoldsmålinger
- b højde og vægt
- c BMI
- d håndleds- og knæledsdiameter

#### 3a Hudfoldsmålinger



Hudfolder måles standardiseret fire forskellige steder på kroppen. Hudfolderne måles midt på bagsiden af overarmen (figur 1), midt på forsiden af overarmen (figur 2), på ryggen, lige under skulderbladet (figur 3) og på maven lige over hoftebenet (figur 4)

Tag fat om huden med tommel- og pegefingre således at der trækkes en hudfold op. Mål tykkelsen med måletangen (mm) og noter tallet (figur 5-7). Alle fire måleresultater lægges sammen ( $= \sum$  hudfolder).

Beregningsformlerne bygger på målinger af densitet, fire hudfoldsmål, højde og vægt i to grupper af forsøgspersoner (60 mænd og 45 kvinder i alderen 18-34 år (6) og 209 mænd og 272 kvinder i alderen 16-72 år (3)).

Densitet beregnes som:  $densitet = b - \alpha \log(\sum \text{hudfolder})$ ; b og  $\alpha$  i tabel.

Beregningskonstanter			
køn	alder	b	$\alpha$
♀	16-19	1,1549	0,0678
♀	20-29	1,1599	0,0717
♀	30-39	1,1423	0,0632
♂	17-19	1,1620	0,0630
♂	20-29	1,1631	0,0632
♂	30-39	1,1422	0,0544

Derefter beregnes fedtprocenten efter formlen side 7:

$$fedt\% = \left( \frac{4,95}{b - \alpha \log(\sum \text{hudfolder})} - 4,5 \right) 100; [\text{hudfolder måles i mm}] \quad (3, 6)$$

Metoden er ret præcis med en usikkerhed på  $\pm 3-3,5$  procentpoint.

□ □ □

### 3b Højde - vægt målinger

Man har målt vandindholdet på amerikanske og europæiske forsøgspersoner i 1950'erne og 1960'erne (105 mænd, 45 kvinder; alder 18-33 år (2)) og sammenholdt vandindholdet med samme personers vægt og højde.

Resultatet er nedenstående formler til indirekte beregning af vandindhold som funktion af højde og vægt:

$$\begin{aligned} \text{vandindhold}_{\text{♀}} &= 0,154 * \text{højde} + 0,252 * \text{vægt} - 10,313 \\ \text{vandindhold}_{\text{♂}} &= 0,209 * \text{højde} + 0,406 * \text{vægt} - 21,993 \quad ; \quad [\text{højde i cm og vægt i kg}] \end{aligned}$$

72 % af kroppens fedtfri masse (dvs muskler, knogler, blod, m.m.) er vand (jvf side 7); dvs den fedtfri masse bestemmes ved at dividere vandindholdet med 0,72.

Trækker man dernæst den fedtfri masse fra vægten fås fedtindholdet, som så kan beregnes i procent.

$$\text{fedt}_{\text{♀}} \% = \left( \frac{\text{vægt} - \left( \frac{0,154 \text{ højde} + 0,252 \text{ vægt} - 10,313}{0,72} \right)}{\text{vægt}} \right) 100 \quad \text{og}$$

$$\text{fedt}_{\text{♂}} \% = \left( \frac{\text{vægt} - \frac{0,209 \text{ højde} + 0,406 \text{ vægt} - 21,993}{0,72}}{\text{vægt}} \right) 100 \quad (2)$$

Metoden regnes for ret præcis: usikkerhed  $\pm$  3-4 procentpoint.

□ □ □

### 3c BMI

Metoden bygger på målinger af densitet, højde og vægt hos et ret stort antal forsøgspersoner: 288 mænd og 461 kvinder i alderen 16-83 år. Databehandling giver følgende sammenhæng mellem fedtprocent og BMI, korrigeret for køn og alder (1):

$$\text{fedt\%} = 1,20 \text{ BMI} + 0,23 \text{ alder} - 10,8 \text{ køn} - 5,4$$

$$[\text{køn: } \sigma = 1; \varphi = 0] \quad (1)$$

Metoden regnes for lige så præcis som hudfoldsmålingen, dvs usikkerhed på  $\pm 3-3,5$  procentpoint.

□ □ □

### 3d Håndleds og knæledsdiameter

En alternativ metode er at foretage et skøn over skelettets dimensioner og derved komme frem til et skøn over den fedtfri masse. Beregningsmetoden forudsætter, at der eksisterer et bestemt forhold mellem knoglestørrelse og muskelmasse, således at mennesker med et kraftigt skelet også har en veludviklet muskelmasse, og at mennesker med et spinkelt skelet har en mindre veludviklet muskelmasse. Beregningen er foretaget på et ret lille materiale (16 mænd og 16 kvinder i alderen 18-33 år), men beregningsusikkerheden er på samme niveau, som de foregående.

$$\text{fedtfri vægt} = 15,1 (H^2 R K 10^{-6})^{0,712} ; \quad \begin{array}{l} H = \text{højde i cm} \\ R = \text{h. + v. håndledsdiameter i cm} \\ K = \text{h. + v. knæledsdiameter i cm} \end{array}$$

Trækker man den fedtfri masse fra vægten fås fedtindhold, som så kan beregnes i procent:

$$\text{fedt}\% = \left( \frac{\text{vægt} - 15,1 (H^2 R K 10^{-6})^{0,712}}{\text{vægt}} \right) 100 \quad (7)$$

□ □ □



# Litteratur

- 1 **Paul Deurenberg, Jan A. Weststrate & Jaap C. Seidel, 1991:**  
Body mass index as a measure of body fatness: age- and sexspecific formulas.  
*Br. J. Nutr.* 65, pp. 105-114.
- 2 **E. David Mellits & Donald B. Cheek, 1970:**  
The Assessment of Body Water And Fatness From Infancy to Adulthood.  
*Monographs Soc. Res. Child. Development* 35, 7, pp. 12-26.
- 3 **J.V.G.A. Durnin & J. Womersley, 1974:**  
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years.  
*Br. J. Nutr.* 32, pp. 77-97.
- 4 **W.E. Siri, 1961:**  
Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.  
i: Techniques for Measuring Body Composition, eds. J. Brozek & A. Henschel.  
*National Academy of Sciences, Washington DC*, pp.223-244.
- 5 **Richard N. Baumgartner, W. Cameron Chumlea & Alex F. Roche, 1989:**  
Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments.  
*Am. J. Clin. Nutr.* 50, pp. 221-226.
- 6 **J.V.G.A. Durnin & M.H. Rahaman, 1967:**  
The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness.  
*Br. J. Nutr.* 21, pp. 681-689.
- 7 **Wilhelm von Döbeln, 1959:**  
Anthropometric determination of fat-free body weight.  
*Acta Med. Scand.* 165, pp. 452-455.
- 8 **Albert Damon & R.F. Goldman, 1964:**  
Predicting Fat From Body Measurements: Densitometric Validation of Ten Anthropometric Equations.  
*Human Biology* 36, 1; pp. 32-44
- 9 **T.R. Thomas & P.L. Cook, 1978:**  
A simple inexpensive method for estimating underwater weight.  
*Brit. J. Sports Med.* 12, 1; pp. 33-36
- 10 **F. Schaefer, M. Georgi, E. Wühl & K. Schärer, 1998:**  
Body mass index and percentage fat mass in healthy German schoolchildren and adolescents.  
*Int. J. Obes.* 22; pp. 461-469.
- 11 **Rose E. Frisch, 1985:**  
Fatness, menarche, and female fertility.  
*Persp. Biol. Med.* 28, 4; pp. 611-633
- 12 **F.H. Bronson & Judith M. Manning, 1991:**  
The Energetic Regulation of Ovulation: A Realistic Role For Body Fat.  
*Biol. Reprod.* 44, 6; pp. 945-950