



THE NORWEGIAN DEFENCE UNIVERSITY COLLEGE

Måling av kroppssammensetning i militær sammenheng



Moving Soldiers - Soldaten i bevegelse • 02/2012

Kristian Holtberget



NORWEGIAN SCHOOL OF SPORT SCIENCES

Defence institute

Redaktør Moving Soldiers - Soldaten i bevegelse:

Anders Aandstad

Redaksjon Moving Soldiers - Soldaten i bevegelse:

Lene Røe

E-mail: fi-publikasjoner@nih.no

Utgiver:

Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt, Oslo 2012

Foto:

Forsvarets mediesenter

Design & Trykk:

Beta Grafisk as

ISSN 1891-8751

Måling av kroppssammensetning i militær sammenheng

Kristian Holtberget

I denne utgaven av Moving Soldiers (MS) vil temaet kroppssammensetning i en militær kontekst sees nærmere på. Forfatteren, Kristian Holtberget, leverte i 2010 sin masteroppgave ved NIH med tittelen «Validering av måleinstrumenter for kroppssammensetning: validitet og reliabilitet for bioelektrisk impedans analyse og hudfoldsmål for måling av kroppssammensetning hos militært personell». Denne utgaven av MS er basert på Holtbergets masteroppgave, men i en revidert form.

I år 2006 disputerte Sindre M. Dyrstad (tilknyttet NIH/F) over temaet «Fysisk form og trening i Forsvaret». Et av funnene hans var at norske soldaters kroppsvekt økte signifikant i løpet av førstegangstjenesten, samt at vekten økte ytterligere etter 1 års internasjonal tjeneste i Kosovo. Økt kroppsvekt betyr også ofte et lavere maksimalt oksygenopptak, og kan derfor knyttes til en reduksjon i kondisjon. Opponenten til Dyrstad var den internasjonalt anerkjente fysiologen professor Bengt Saltin. Han stilte et relevant spørsmål angående vektøkningen til de norske soldatene; skyldtes økningen lite aktivitet, for mye god mat og dermed en økning i fettmasse? Eller var det de mange timene i styrke-bua som ga utslag i økt muskelmasse og dermed også økt kroppsvekt? Førstnevnte alternativ ville vært lite å trakte etter, mens økt muskelmasse i stor grad er noe man etterstreber hos soldater. I doktorgradsprosjektet til Dyrstad ble kun totalvekten målt, ikke kroppssammensetningen, så spørsmålet til professor Saltin forble ubesvart.

Ved senere NIH/F prosjekter har vi imidlertid alltid prøvd å inkludere måling av kroppssammensetning, og ikke bare kroppsvekt. I studier som HV-prosjektet, Kadettutviklingsstudien og HPP-prosjektet har vi målt kroppssammensetning med enkle metoder som bioimpedans analyse (BIA). Både BIA og hudfoldmålinger kan gi estimat på en persons kroppssammensetning, dog med en viss feilmargin. Andre metoder er mer nøyaktige, men disse metodene er gjerne mer ressurskrevende og vanskelig å gjennomføre. Målet med Holtbergets masteroppgave var derfor å se på hvilken validitet og reliabilitet de enklere måle metodene kan forventes å ha ved måling av militært personell. Studien var en deltstudie innen Kadettutviklingsstudien, og forsøkspersonene besto primært av kadetter ved Luftkrigsskolen. Siden forskjellen i kroppssammensetning ofte er relativt stor mellom menn og kvinner ble også kvinnelige soldater og befal stasjonert på Ørland inkludert i studien. Resultatene fra denne studien er presentert i Holtbergets masteroppgave.

I denne utgaven av MS er kroppssammensetning diskutert mer vidt. Holtberget starter med en forklaring av hvordan kroppssammensetning kan forstås, for deretter å forklare prinsipper, validitet, reliabilitet, og anbefalinger ved en rekke ulike metoder for måling av kroppssammensetning. Mot slutten diskuteres hvilke metoder som kan anbefales brukt i militære settinger, samt eksempler på studier der «normalverdier» for norske og internasjonale soldater er presentert.

Mange studier innen kroppssammensetning er gjort på sivile, mens kroppssammensetning i en militær kontekst er mindre studert og debattert. Selv om en sivil- og militær kropp jo fysiologisk kan være like, er rammefaktorene (søvndeprivasjon, matunderskudd, utendørstesting etc.) ved testing av soldater ofte en annen. Denne type rammefaktorer kan for eksempel påvirke valget av hvilken målemetode som kan anbefales. Denne utgaven av MS bør derfor være interessant og nyttig lesning for alle som jobber inn mot Forsvaret og som vurderer målinger av kroppssammensetning på soldater.

Anders Aandstad

■ Forfatterens forord ■



Denne utgaven av *Moving Soldiers* omhandler måling av kroppssammensetning hos militært personell. Teksten tar utgangspunkt i teorikapittelet i min masteroppgave, i idrettsvitenskap, ved Norges idrettshøgskole (Holtberget, 2010). Tema for masteroppgaven var validering av måleinstrumenter for kroppssammensetning, der subjektene var militært personell. Teksten i denne utgivelsen er noe revidert, og det er lagt til noe tekst, sammenliknet med den opprinnelige masteroppgaven. Jeg håper at denne utgivelsen av *Moving Soldiers* kan gi leseren en god oversikt over hva kroppssammensetning er og de ulike metodene som finnes for måling av kroppssammensetning. Jeg håper også at denne utgivelsen vil være nyttig som oppslagsverk for de som i fremtiden ønsker å måle kroppssammensetning hos militært personell.

Kristian Holtberget er idrettspedagog ved Rehabiliteringssenteret (AiR) i Rauland. Han har befalsskole fra Sjøforsvaret (Skole for Fysisk Fostring), samt master fra Norges idrettshøgskole.

■ Author's Summary ■



The topic of this edition of *Moving Soldiers* (MS) is body composition measurement in military personnel. The text is based on the theory chapter in my masterwork at the Norwegian School of Sport Science (Holtberget, 2010). The topic of the master degree was validation of instruments measuring body composition, and the subjects were military personnel. The text presented in this edition of MS has gone through a minor revision from the original masterwork text, and something has been added. I hope this edition of MS will give the reader an overview in what body composition is, and the different methods of measuring it. I also hope that this edition of MS can be used as an encyclopedia to those who in the future wishes to study and measure body composition in military personnel.

Kristian Holtberget is sports educator at The Occupational Rehabilitation Centre (Air) in Rauland. He has completed military officer training in the Navy, and holds a master degree from the Norwegian School of Sport Sciences.



Måling av kroppssammensetning i militær sammenheng

■ Innhold ■

I. Begrepsavklaring	12
II. Forkortelser	13
1 Om kroppssammensetning (nivåer og modeller)	16
2 Metoder for måling av kroppssammensetning (reliabilitet og validitet)	20
2.1 Hydrodensitometry (Undervannsveiing)	20
2.2 Air displacement plethysmography (ADP)	21
2.3 Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)	23
2.4 Computed Tomography (CT) og Magnetic Resonance Imaging (MRI)	26
2.5 Bioelektrisk impedans analysew (BIA)	26
2.6 Antropometri	30
2.7 Hudfoldsmål	31
2.8 Ultralyd	35
2.9 Beregning av fettprosent med utgangspunkt i kroppens tetthet	36
3 Hvilke metoder kan anbefales i ulike militære situasjoner? 40	
3.1 Viktigheten av standardisering av forberedelser og datainnsamlingen	41
4 Studier av kroppssammensetning hos norsk militært personell	48
5 Normative data om kroppssammensetning hos militært personell i Norge og internasjonalt	52
Referanser	56

I. Begrepsavklaring

Fettprosent	Kroppens fettmasse i forhold til kroppsvekten. Fettmasse inkluderer alle former for kroppsfett. Det motsatte av fettmasse er fettfri kroppsmasse.
Kroppssammensetning	Sammensetningen av kroppens komponenter. Et vidt begrep som kan brukes på flere nivå. I denne sammenhengen menes oftest kroppens sammensetning av fettfri masse og fettmasse. Begrepet kroppssammensetning forklares i detalj i kapitlet Om kroppssammensetning.
Validitet	En metodisk term for gyldighet. Med validitet menes metodens evne til å måle det den er designet til å måle. I denne sammenhengen vil en metode med høy validitet gi resultater som faktisk stemmer med den reelle kroppssammensetningen.
Reliabilitet	En metodisk term for pålitelighet. Kan defineres som instrumentets jevnhet. Med reliabilitet menes her metodens evne til å være reproducerbar. Dersom metoden gir samme resultat ved gjentatte målinger har den høy reliabilitet. En målemetode kan ikke være valid uten å være reliabel.

■ II. Forkortelser ■

ADP	Air displacement plethysmography
BD	Body density (kroppens tetthet)
BIA	Bioelektrisk impedans analyse
BM	Bodymass (Kroppsmasse)
BMI	Bodymass index (Kroppsmasse indeks, vekt i kilogram delt på høyde i meter opphøyd i andre)
BV	Body volum (Kroppsvolum)
DXA	Dual-energy X-ray absorptiometry
ECW	Ekstracellulært vann (vann utenfor cellene)
ELG	Elektrolipografi
FFM	Fettfri masse
FM	Fettmasse
g-cc-1	Mål på tetthet (gram / kubikkcentimeter)
ICW	Intracellulært vann (vann i cellene)
SAT	Subcutaneous adipose tissue. Defineres som underhuds bløtvev
SKF	Skinfolds (hudfolder)
TBW	Total Body Water (totalt kroppsvann, ICW + ECW)
UWW	Underwater weighing (undervannsveiing)



1

■ Om kroppssammensetning ■

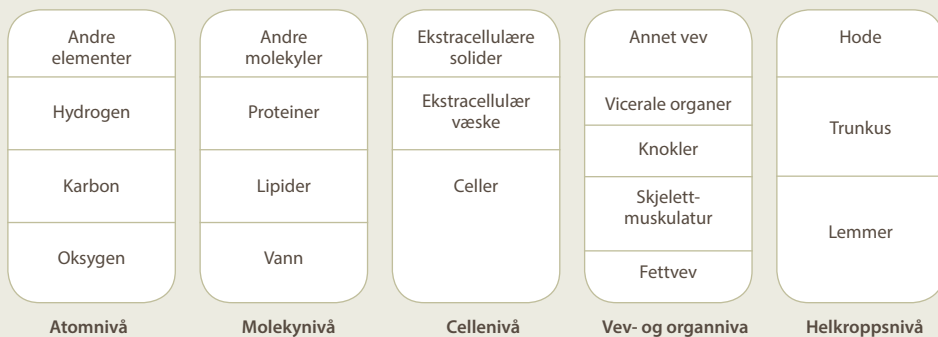
Om kroppssammensetning
(nivåer og modeller)

16



Om kroppssammensetning (nivåer og modeller)

For å forstå vitenskapen rundt kroppssammensetning bedre, vil det være hensiktsmessig å kjenne til de grunnleggende teoretiske modellene som underbygger målemetodene for kroppssammensetning. Kroppssammensetning kan sees på og måles ut i fra ulike nivåer. En sentral modell kalles fem-nivå modellen (Heymsfield et al, 2005). I denne modellen sees total kroppsmasse som summen av komponentene innenfor hvert av de fem nivåene (se figur 1)



Figur 1. Illustrativ fremstilling av fem kroppssammensetningsnivå. Hvert nivå fremstiller hele kroppen som summen av elementene. (Figur basert på Heymsfield et al, 2005 og Heyward og Wagner, 2004).

Basale kjemiske elementer utgjør atomnivået. Det finnes 106 elementer i naturen, og om lag 50 av disse elementene finnes i menneskekroppen (Malina, 2007). Mer enn 96 % av kroppen består av oksygen, karbon, hydrogen og nitrogen (Heymsfield et al, 2005). Dette nivået av kroppssammensetning kan være interessant å undersøke i radiobiologi og medisin.

Kroppen på molekylnivået består av seks hovedelementer; vann, lipider, proteiner, karbohydrater, beinmineraler og bløtvevsmineraler (Heyward, 2002). Karbohydrater er lagret som glykogen i små mengder, hovedsakelig i lever og muskulatur, og blir vanligvis ikke vurdert til å være en del av kroppssammensetningen (Malina, 2007). Kroppssammensetning på molekylnivå kan presenteres med ulike modeller med to til seks elementer. I helse og idrettssammenheng er kroppssammensetning på molekylnivå med en to-komponentmodell ofte brukt (Heyward og Wagner, 2004 og Malina, 2007). To-komponentmodellen deler kroppen inn i FFM og FM. FFM består av alt utenom fett, inkludert vann, muskel (protein) og bein (mineraler) (Heymsfield et al, 2005). Begrepene "lean body mass" og FFM blir av og til brukt om hverandre. "Lean body mass" er bygget på et anatomisk konsept og inneholder noen essensielle fettsyrer, mens FFM er et biokjemisk konsept som ikke inneholder fett overhode (Malina, 2007). Grunnlaget for å måle kroppssammensetning med en to-komponentmodell bygger på fem antagelser (Heyward, 2002):

1. Tettheten til fettvev er 0,901 g·cc⁻¹.
2. Tettheten til FFM er 1,100 g·cc⁻¹.
3. Tettheten til fettvev og FFM er lik hos alle individer.
4. Tettheten til elementene som utgjør FFM innen et individ er konstant, og deres bidrag til å utgjøre total FFM forblir konstant.
5. Individet som blir målt skiller seg fra referansen kun med mengden av de to komponentene. FFM i referansekroppen er antatt å være 73,8 % vann, 19,4 % protein og 6,8 % mineraler.

To-komponentmodellen er grunnlaget for hydrodensitometry eller undervannsveiling, som blir beskrevet senere. Modeller som inneholder tre eller flere komponenter blir referert til som multi-komponentmodeller. Disse modellene deler FFM opp i ulike elementer. En tre-komponentmodell kan dele FFM inn i beinvev og resterende bløtvev. Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) metoden, som blir beskrevet senere, er bygget på denne tre-komponentmodellen. Et annet eksempel på en tre-komponentmodell er når FFM deles inn i totalt kroppsvann (TBW) og fett-fri tørrmasse (Malina, 2007). Fire-komponentmodellen kan dele FFM inn i vann, protein og mineraler, eller ved at man deler fett-fri tørrmasse opp i beinmineraler og resterende masse (Heymsfield et al, 2005 og Malina, 2007).

På cellenivå består kroppen av tre elementer som beskrevet i figur 1. Kroppens cellebestand kan også deles inn i fettceller og resterende celler (ofte kalt BCM "body cell mass"). I et slikt tilfelle vil cellenivået presenteres som en fire-komponentmodell, bestående av BCM, ekstracellulær væske, ekstracellulære solider og fettceller (Malina, 2007).

Kroppssammensetning på vev og organnivå inkluderer elementer som skjelett-muskulatur, beinvev, viscerale organer og fettvev (se figur 1). Noen elementer på vev og organnivå kan være separate organer som lever og hjerne, mens andre elementer som muskulatur er spredt rundt i kroppen. Når man måler et individs blodvolum, vil dette være en form for kroppssammensetningsmål på vev og organnivå.

Det femte nivået av kroppssammensetning, helkroppsnivå, kan deles inn i regioner som hodet, trunkus og lemmene. Disse elementene blir oftest beskrevet med antropometriske mål. Eksempler på antropometriske mål er lengde, omkrets og hudfoldsmål. Kroppens volum og tetthet er to andre helkroppsmål som kan være essensielt i kroppssammensetningsstudier (Malina, 2007).



2

■ Metoder for måling av kropps-sammensetning (reliabilitet og validitet) ■

Hydrodensitometry (Undervannsveiing)	20	Antropometri	30
Air displacement plethysmography (ADP)	21	Hudfoldsmål	31
Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)	23	Ultralyd	35
Computed Tomography (CT) og Magnetic Resonance Imaging (MRI)	26	Beregning av fettprosent med utgangspunkt i kroppens tetthet	36
Bioelektrisk impedans analyse (BIA)	26		



Metoder for måling av kroppssammensetning (reliabilitet og validitet)

I litteraturen blir ofte metodene for å måle kroppssammensetning delt inn i laboratorium-metoder (laboratory-methods) og felt-metoder (field-methods) (Heymsfield et al, 2005, Heyward og Wagner, 2004 og Norgan, 2005). Laboratorium-metodene kjennetegnes ved at de ansees som nøyaktige og i mange sammenhenger sees på som referanse-metoder. Disse metodene er ofte omfattende, dyre og vanskelig å ta med seg ut i felten. Eksempler på laboratorium-metoder er undervannsveiing, air displacement plethysmography (ADP), DXA, computed tomography (CT) og magnetic resonance imaging (MRI). Felt-metodene kjennetegnes ved at de er enklere å gjennomføre og at måleapparatet kan forflyttes og dermed tas med ut i felten. Disse metodene har ofte ikke samme nøyaktighet som laboratorium-metodene (Heyward og Wagner, 2004). Eksempler på felt-metoder er bioelektrisk impedans analyse, hudfoldsmåling og andre antropometriske mål.

Videre i dette kapittelet vil de vanligste metodene for å måle en persons kroppssammensetning på molekylnivå beskrives. Gjennomgangen inkluderer en forenklet forklaring av metodenes teorigrunnlag og hvordan de gjennomføres, samt hva tidligere studier og lærebøker sier om validitet og reliabilitet for de ulike metodene/instrumentene.

Hydrodensitometry (Undervannsveiing)

Måleprinsipp og gjennomføring.

Densitometry refererer til måling av kroppens tetthet (eng. density). For å kalkulere kroppens tetthet deler man kroppsmasse på kroppsvolum (Heyward og Wagner, 2004). Kroppens tetthet (body density; BD) kan måles med hydrodensitometry eller air displacement plethysmography (ADP).

Hydrodensitometry kalles ofte undervannsveiing (UWW) eller hydrostatisk veiing (Heyward, 2002). Denne metoden dreier seg om å senke forsøkspersonen ned i vann og deretter gjøre målinger for å finne personens kroppsvolum (BV). Hydrodensitometry er altså basert på å måle BV for så å beregne BD. Deretter kan BD brukes til å estimere fettprosent. Beregning av fettprosent med utgangspunkt i BD blir beskrevet senere (se kapittel 3.9).

Ved hydrodensitometry er det to måter å måle BV på. Den ene metoden baserer seg på å måle vannstanden i tanken før og etter at forsøkspersonen er sunket ned i vannet. Volumet til vannet som er flyttet høyere i tanken, er likt volumet til forsøkspersonen (Wagner og Heyward, 1999). En mer vanlig metode involverer veiing av forsøkspersonen under vann. UWW, som ble innført av Behnke, Feen og Wellham i 1942 (Heyward og Wagner, 2004), er basert på Archimedes prinsipp. Dette prinsippet sier at volumet til et objekt sunket ned i vannet, er likt volumet til vannet som blir "forflyttet" av objektet. Siden det kan være vanskelig å måle det "forflyttede" vannet med presisjon og

enkelhet, er det hensiktsmessig å måle objektets vekt i vann. Objektets vekt i vann, er direkte proporsjonalt med volumet og vekten til vannet som blir "forflyttet" (Heyward og Wagner, 2004). Med denne metoden må også luften i lungene regnes med. Dersom man skal beregne BD med hjelp av UWW ser likningen slik ut:

$$BD = BM / ((BM - UWW / WD) - RV + 0,100)$$

Der UWW er undervannsvekt, WD er vannets tetthet og RV er resterende lungevolum. Grunnen til at det legges til 100 ml på RV er for å ta høyde for luft i munnhulen og bihulene. (Wagner og Heyward, 1999, Heyward 2002 og Heymsfield et al, 2005).

Validitet og reliabilitet

Undervannsveiing (UWW) kombinert med måling av lungevolum er en godt egnet for måling av kroppsvolum og dermed kroppens tetthet (Wagner og Heyward, 1999). Siden kroppens volum blir målt så nøyaktig er UWW en valid, reliabel og mye brukt metode for å måle et individs kroppssammensetning (Heyward, 2002). Sammen med DXA er UWW den mest brukte "gullstandard" når andre metoder for måling av kroppssammensetning har blitt evaluert i tidligere studier (Norgan, 2005 og Wagner og Heyward, 1999).

Mulige feil knyttet til estimering av fettprosent fra BD målt med UWW kan beregnes ved å se på feilkilder ved variasjon i FFM sammen med feilkilder ved estimering av BD (Heimsfield et al, 2005). Det viser seg å være variasjon i tettheten til FFM, i mellom individer, på opptil 0,0059 g-cc-1 (Heimsfield et al, 2005). Dette vil utgjøre en forskjell på ca 2 % ved beregning av fettprosent. Faktorer assosiert med måling av lungevolum, undervannsvekt, kroppsvikt, vannets temperatur og liknende vil påvirke resultatet av hydrostatisk veiing. For eksempel vil en variasjon på 100ml ved måling av lungevolum utgjøre en forskjell på ca 0,7 % i fettprosent.

Air displacement plethysmography (ADP)

Måleprinsipp og gjennomføring

Air displacement plethysmography (ADP) er annen metode for å måle kroppens volum, som senere kan brukes til å beregne kroppens tetthet. Denne metoden bruker måling av luft i stedet for vann for å beregne BV. Air displacement plethysmography metoden, som blir brukt i dag, er relativt ny og ble introdusert av Dempster og Aitkens i 1995 (Heyward og Wagner, 2004). Det er én type av ADP som er dominerende på markedet, denne kalles Bod Pod. Bod Pod er et stort eggformet kammer som forsøkspersonen sitter i for å måles. Det blir brukt trykk og volum sammenhenger for å måle BV. I følge Boyles lov er trykk (P) og volum (V) inverst relatert (Heyward og Wagner, 2004):

$$P_1/P_2 = (V_1/V_2)$$

Der P1 og V1 representerer et paret forhold mellom trykk og volum, og P2 og V2 et annet paret forhold. P1 og V1 kan være trykk og volum i kammeret når det er tomt, og P2 og V2 kan være trykk og volum når forsøkspersonen sitter i kammeret.

Boyles lov forbeholder isotermiske forhold, der temperaturen forblir konstant. Imidlertid er det slik at dersom volumet til en mengde luft forandres, forblir ikke temperaturen den samme og molekylene øker eller reduserer kinetisk energi. I tillegg vil forsøkspersonens kroppstemperatur kunne påvirke lufttemperaturen. (Heymsfield et al, 2005). Med denne kunnskapen brukes Poissons lov om forholdet mellom trykk og volum i måling med Bod Pod:

$$P_1/P_2 = (V_1/V_2)^\gamma$$

Der γ representerer temperaturen til luften ved konstant trykk.

Bod Pod kammeret består av to separerte rom, ett der forsøkspersonen sitter og ett referanserom. Mellom de to rommene er det montert en membran som gjør kontrollerte svingninger. Dette fører til små trykk- og volumforandringer i begge rommene. Denne prosedyren gjennomføres en gang med to tomme kammer, og en gang med forsøkspersonen i testkammeret. Kort fortalt måles endringene i trykk og volum ved begge forholdene og dette er utgangspunktet for å beregne BV. For mer informasjon om denne metoden henvises til Heymsfield et al (2005) eller Heyward og Wagner (2004).

Validitet og reliabilitet

To oversiktsartikler har gjennomgått reliabilitets- og valideringsstudier for Bod Pod (Demarath et al, 2002 og Fields et al, 2002). I forskjellige studier har test-retest korrelasjon, standard avvik og variasjons koeffisient blitt undersøkt. Gjentatte målinger av ikke menneskelige objekter har vist utmerket reproducerbarhet. For eksempel gav 20 påfølgende målinger av en aluminiumsylinder (50,039 liter) et gjennomsnittsmål på 50,027 liter med standard avvik på 30 ml. Dersom dette skulle adopteres til mål av fettprosent hos mennesker ville den største test-retest forskjellen utgjort ca 0,1 % fett (Demerath et al, 2002). For mennesker viser studier at Bod Pod har en god reliabilitet med en forventet test-retest korrelasjonskoeffisient på $> 0,95$ (Fields et al, 2002). For måling av kroppsvolum hos voksne mennesker har studier vist en variasjons koeffisient fra 1,7 % til 4,5 % (Demarath et al, 2002 og Fields et al, 2002).

For å teste validiteten til Bod Pod har resultatene blitt sammenliknet med UWW og DXA (Demerath et al, 2002 og Fields et al, 2002). Det er stor variasjon i resultatene fra valideringsstudiene. I noen tilfeller underestimerer Bod Pod med 4,0 % fett i andre tilfeller overestimerer den med 2,3 % fett, sammenliknet med UWW (Fields et al, 2002). Sammenlikninger med DXA har vist liknende resultat. Dette kan tyde på at flere faktorer ved estimering av fettprosent med Bod Pod kan representere mulige feilkilder (Heymsfield et al, 2005). Som nevnt over finnes det også kilder til feil ved måleprosedyren for UWW. Det er derfor anbefalt streng standardisering i henhold til produsentens anvisninger ved kroppssammensetningsanalyse med Bod Pod og UWW (Demerath et al, 2002 og Heymsfield et al 2005).

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)

Måleprinsipp og gjennomføring.

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) metoden bruker røntgenstråler for nøyaktig estimering av blant annet beinmineraltetthet og bløtvevssammensetning (Heyward, 2004). Dette er en populær metode mye på grunn av at den krever lite innsats fra forsøkspersonen og at den også kan måle beinhelse og kroppssammensetning for deler av kroppen separat. Siden DXA maskiner er mye brukt for å måle beinmineraltetthet er de tilgjengelig ved en rekke sykehus og røntgeninstitusjoner.

Teorigrunnlaget for DXA metoden bygger på at svekkingen av røntgenstråling gjennom vev er målbart. DXA maskinen sender stråling med høy- og lav-foton energi gjennom vevet og størrelsen på svekkingen er avhengig av tykkelse, tetthet og kjemisk sammensetning (Heyward og Wagner, 2004). Svekkingen av strålingen gjennom FM, FFM og beinmasse er forskjellig på grunn av ulik tetthet. Disse svekkelsene av to ulike røntgenstråler synes å være konstant for ulike typer vev, for alle individer (Pietrobelli et al, 1996).

Det finnes i hvert fall tre forskjellige produsenter av DXA maskiner på markedet; Hologic, Lunar og Norland. Det er små forskjeller på disse maskinene og de er alle basert på det samme teoretiske prinsippet (Heyward og Wagner, 2004). DXA maskinen bruker et filtrert røntgenrør for å skape lav energi (40 kV) og høy energi (70 eller 100 kV) fotonstråling. Disse forskjellige strålingene passerer gjennom vevet og det absorberte blir presentert som en ratio mellom svekkingen av lavenergistrålingen relativt til svekkingen av høyenergistrålingen. Pietrobelli et al (1996) kalkulerte teoretiske ratioverdier for fettvev og "lean body mass" gjennom å summere svekkingskoeffisienten for ulike elementer. En DXA måling gir resultater på; beinmineralmasse, beinmineraltetthet, fettmasse og "lean body mass". Fettfri masse er kalkulert som summen av beinmineralmasse og "lean body mass". "Lean body mass" målt med DXA inkluderer kroppsvann, derfor vil endringer i hydrering gjøre utslag som endringer av "lean body mass" (Woodrow, 2009).

Selv om det teoretiske grunnlaget er likt for alle DXA metoder, finnes det forskjeller mellom produsentene og for modellene til samme produsent. Forskjellene dreier seg blant annet om hvordan strålingene blir generert, hvordan svekkelsene av strålene måles, og formlene brukt til beregning av kroppssammensetning (Heyward og Wagner 2004). Disse forskjellene mellom ulike maskiner gjør at det er anbefalt å bruke samme maskin og software i intervensjonsstudier eller longitudinale studier (Genton et al, 2002).



Bilde 1. Gjennomføring av måling med Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)(foto; Privat.)

Validitet og reliabilitet

Det er utfordrende å si noe konkret om validiteten til DXA siden de forskjellige produsentene har utviklet forskjellige modeller og programvare. Forskere har erfart at resultatene for kroppssammensetningsmål varierer med produsent, modell og programversjon (Heyward og Wagner, 2004). Av denne årsak kan motstridende funn i ulike DXA valideringsstudier være et resultat av varierende modeller og programvare. I en oversiktsartikkel fra 2002 etterspurte Genton et al mer standardisering fra produsentene.

Ulike DXA modeller har blitt testet mot in vitro kjemisk analyse av femur fra menneskelig (Economos et al, 1999). Hensikten var å teste evnen til å måle beinmineraltetthet. Sammenliknet med kjemisk analyse overestimerte Lunar (~3 %) mens Hologic (~1 %) og Norland (~3 %) underestimerte.

Det har blitt publisert flere studier som har sammenliknet DXA med in vitro kjemisk analyse for å måle kroppssammensetning på dyr. I 1993 studerte Svendsen et al DXA mål og kjemisk analyse på syv grisekadavre. De fant at FM korrelerte svært godt mellom

de to metodene ($r = 0,99$). I tillegg undersøkte de DXA metodens evne til å måle endring gjennom å plassere åtte kg fett på grisen ved måling, og fant at DXA målte denne endringen nøyaktig. En liknende studie ble gjennomført av Picaud et al (1996). Her ble de samme metodene undersøkt på 13 grisunger. Resultatene viste at kroppsvekt ble målt nøyaktig, men FM var noe overestimert av DXA. Likevel var korrelasjonen mellom de to metodene på FFM, FM og beinmineraltetthet svært god (0,95-0,99). Validiteten til DXA metoden for å beregne fettprosent til dyr ble underbygget av en studie som sammenliknet fettprosent fra DXA mål med kjemisk analyse på 10 rhesusaper (Black et al, 2001).

Magnetic resonance imaging (MRI), som blir beskrevet senere, er en anerkjent metode for å måle kroppens muskelmasse. Kim et al (2002) sammenliknet muskelmasse målt med MRI og DXA på 93 voksne med BMI < 35 kg·m⁻². Resultatene viste en god korrelasjon ($r = 0,97$) mellom de to metodene. Bland-Altman analyser viste at det ikke var noen signifikant forskjell mellom metodene ($0,01 \pm 3,2$ kg).

I en oversiktsartikkel fra 2009 skriver Andreoli et al at presisjonen til en DXA modell kan sies å være svært god, med en variasjonskoeffisient på 2-3 % for måling av FM. I den samme artikkelen poengteres viktigheten av å bruke samme instrument og prosedyre dersom små endringer skal måles (Andreoli et al, 2009).

Flere studier har sammenliknet DXA og UWW med en 4-komponent modell. En slik modell vurderer kroppssammensetning på molekylnivået der kroppsmasse = vann + protein + mineraler + fett. Ved denne metoden måles de enkelte komponentene separat med kompliserte laboratorium-metoder (Heimsfield et al 1989). Enkelte studier har vurdert at DXA samsvarte bedre med 4-komponent metoden enn UWW (Clasey, 1999, Field og Goran, 2000, og Wagner og Heyward, 2001). Enkelte andre studier har konkludert med det motsatte, det vil si at UWW samsvarer bedre enn DXA (Bergsma-Kadijk et al, 1996, og Goran et al, 1998). Dette forteller oss at det kan være signifikante forskjeller i resultater fra DXA og UWW. Sammenlikning av valideringsstudier med ulike referansemetoder bør derfor gjøres med varsomhet.

Det blir stadig funnet detaljer ved DXA som er begrensende for validiteten. For eksempel er det funnet tegn på at DXA har overestimert FM dersom tykkelsen på vevet er stor (> 25 cm) (Laskey, 1996). Slike funn gjør at produsentene stadig oppgraderer programvarene for at DXA skal bli så nøyaktig som mulig (Andreoli et al, 2009). Dette kan indikere at nyere DXA programvarer har en bedre validitet enn eldre typer.

Nye og oppgraderte DXA modeller er mer og mer brukt i forskningssammenheng og ofte mer tilgjengelig enn andre referansemetoder. Dette er en av årsakene til at DXA ofte foretrekkes i valideringsstudier (Heimsfield et al, 2005).

Kort oppsummert kan en si at Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) generelt vurderes som en nøyaktig og anerkjent metode for å måle beinhelse og kroppssammensetning (Andreoli, 2002 og Gibson, 2008) og at DXA har blitt brukt som "gullstandard" for mål av kroppssammensetning i en rekke valideringsstudier (Norgan, 2005). Det bør likevel poengteres at DXA ikke måler kroppssammensetning direkte, og dermed at validiteten til andre metodene i forhold til DXA er nettopp dette og ikke nødvendigvis i forhold til den konkrete kroppssammensetningen.

Computed Tomography (CT) og Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Måleprinsipp og gjennomføring

Måling av kroppssammensetning med CT bygger på samme teorigrunnlag som ved DXA-måling; at røntgenstråling svekkes ulikt av forskjellige vevstyper. En basis CT maskin består av et røntgenrør (avsender) og en mottaker som roterer rundt subjektets midtakse. Målingen gjennomføres vanligvis med subjektet liggende horisontalt inne i maskinen. Mottakeren måler hyppig strålenes svekkelse mens maskinen roterer rundt subjektet og disse resultatene omgjøres til et todimensjonalt bilde (tverrsnittsbilde), av matematiske formler som ligger i maskinens software.

Måling av kroppssammensetning med MRI likner mye på den beskrevne CT målingen. Forskjellen på de to metodene er måten bildene blir fremstilt på. MRI bruker ikke røntgenstråling men radiobølger. Teorigrunlaget for MRI måling er basert på interaksjonen mellom protoner (som det er mye av i alt biologisk vev) og det magnetiske feltet som blir produsert og kontrollert av MRI maskinen. Kort fortalt sender MRI maskinen radiobølger inn i vevet. Dette endrer protonenes form. Når radiobølgene skrues av returnerer protonene til sin opprinnelige form. I denne prosessen gir protonene fra seg energi som fanges opp av MRI instrumentet og er grunnlag for tverrsnittsbildene. For mer detaljert beskrivelse av måleprinsipp og gjennomføring for CT og MRI henvises til Heimsfield et al (2005).

Validitet og reliabilitet

CT og MRI er ansett som de mest nøyaktige metodene for å måle mengden av ulike vevstyper i kroppssammensetning, på vev og organnivå (Heimsfield et al, 2005). CT og MRI er foretrekkende metoder for å kalibrere feltmetoder som har til hensikt å måle SAT (f.eks hudfoldsmål). De er også ansett som de eneste metodene som, in vivo, kan måle mengden av visceralt fettvev og størrelsen på organer på en valid måte (Heimsfield et al, 2005). Likevel gjør kostnad og kompleksitet at disse metodene ikke er mye brukt ved måling av kroppssammensetning for større grupper. I litteraturen beskrives CT som noe mer reliabel enn MRI. CT måling er også mer utbredt og dermed noe lettere tilgjengelig. En svakhet med CT måling er at subjektet utsettes for mye røntgenstråling. Det er ikke kjent helsesisiko ved måling med MRI.

Bioelektrisk impedans analyse (BIA)

Måleprinsipp og gjennomføring

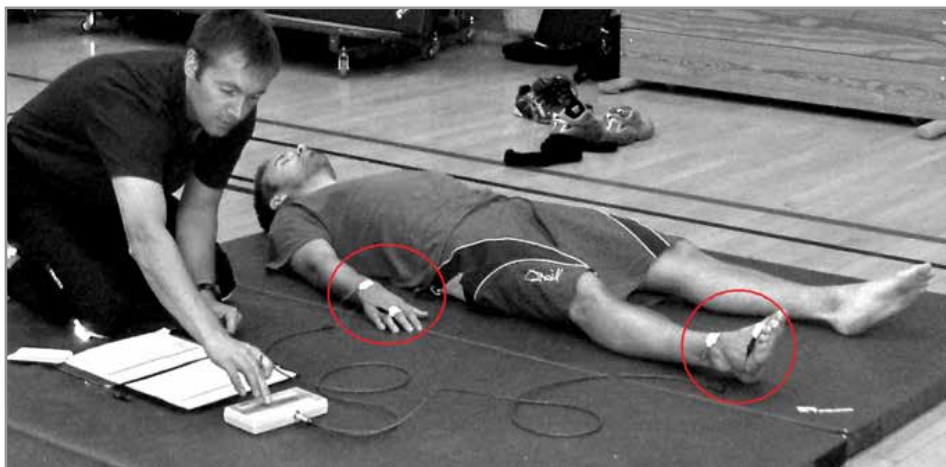
Bioelektrisk impedans analyse (BIA) er en rask og enkel metode for å måle kroppssammensetning. Mange BIA modeller er enkle å transportere og relativt rimelige sammenliknet med laboratorium-metodene. BIA metoden fungerer ved at svakstrøm sendes gjennom individets kropp og impedansen, eller motstanden, måles med et BIA instrument. Individets totale mengde kroppsvann (TBW) kan estimeres fra impedansen siden elektrolyttene i kroppens vann leder strøm godt. Kroppens

impedans er inverst relatert til den relative mengden av TBW (Woodrow, 2009). Når TBW er stor vil strømmen ledes lettere gjennom vevet, med mindre motstand. På den andre siden er motstanden for strømmen større for individer med store mengder FM, siden fett er lite hydrert og leder strøm på en dårligere måte. Som nevnt tidligere består FFM av store mengder vann (ca 73,8 %) og med dette utgangspunktet kan FFM beregnes når man vet individets TBW. Kroppens impedans er en funksjon av resistance og reactance. Resistance er mål på motstanden til en strømning gjennom kroppen. Reactance er motstanden til strømningen forårsaket av elektrisk ladning produsert av cellemembran (Heyward og Wagner, 2004).

I tradisjonelle BIA modeller er det antatt at resistance og reactance opptrer i serie. Det vil si at $impedance^2 = resistance^2 + reactance^2$, eller $impedance = \sqrt{resistance^2 + reactance^2}$. Ved måling av hele kroppen med en 50 kHz frekvens er resistance mye større enn reactance. Av denne grunnen blir indeksen til resistance, fremfor total impedans, brukt i mange BIA modeller for å estimere TBW og FFM (Heyward og Wagner, 2004).

Beregning av kroppssammensetning med utgangspunkt i BIA krever en formel som er validert mot en norm. Dette vil være den eneste måten for å konvertere resultater på resistance og reactance til estimater for kroppssammensetning (Heymsfield et al, 2005). Flere studier og produsenter av BIA instrumenter har utviklet formler for å beregne kroppssammensetning. Slike formler vil ha de samme begrensningene som referansemodellen som er brukt for å bestemme den avhengige variabelen i formelen. Eksempler på slike referansemodeller er to-komponentmodeller med utgangspunkt i BD, TBW eller DXA måling (Heymsfield et al, 2005). Singelfrekvens BIA teknikk estimerer TBW fra ulike formler. Disse formlene inneholder ofte impedans ved 50 kHz og enkelte demografiske og antropometriske data (Woodrow, 2009). FFM kan dermed estimeres ved å bruke to-komponentmodellen der det er antatt at FFM inneholder 73,8 % vann. FM beregnes ved å trekke FFM av total kroppsvekt.

Det finnes en rekke ulike produsenter og modeller innenfor BIA metoden. For enkelthetskyld kan man dele inn i singelfrekvensmodeller og multifrekvensmodeller. En singelfrekvensmodell sender én frekvens, som ofte er 50 kHz, for å måle impedansen. RJA systems og Tanita er ledende produsenter av singelfrekvensapparater. Målingen gjennomføres typisk liggende, der selvklebende elektroder festet til hånd og fot. Det finnes også singelfrekvensmodeller som måler stående fra fot til fot, eller hånd til hånd. Et eksempel på en singelfrekvens BIA metode som er brukt i militær sammenheng er RJA Quantum II (RJA systems, Clinton Township, MI, USA). RJA Quantum II er et terminalt, singelfrekvens, taktilt bioimpedansinstrument. Dette apparatet bruker svakstrøm (800 mA) på en konstant frekvens (50 kHz). Forsøkspersonen ligger i en supinert stilling på en benk eller på gulvet. Armene ligger ned langs siden og benene i en naturlig posisjon. Fire selvklebende, elektroder festes til dorsalsiden av den høyre hånden og dorsalsiden av den høyre foten. En test gir resultater på forsøkspersonens kropps resistance og reactance. Disse dataene, i tillegg til høyde, vekt og kjønn, legges inn i en programvare som beregner personens kroppssammensetning.



Bilde 2. Gjennomføring av måling med RJL Quantum II (foto; Privat.)

Et multifrekvent BIA-instrument sender et spekter av frekvenser. Innholdet av frekvenser i dette spekteret er ofte noe ulikt mellom de forskjellige modellene, men det er normalt at det beveger seg fra ~ 1 kHz til ~ 250 - 1000 kHz (Gibson, 2008). Ved de lave frekvensene ledes strømmen gjennom det ekstracellulære vannet (ECW). Ved høyere frekvenser penetreres cellene og strømmen sendes gjennom det intracellulære vannet (ICW) i tillegg til ECW (Lukaski, 1987). Dette betyr at singelfrekvensmetoder måler kun ECW. Dermed må TBW beregnes fra ECW før man kan estimere FFM. Dersom en multifrekvensmodell med flere elektroder måler lemmene og trunkus separat og legger dette sammen til total kropp, kalles ofte metoden for bioimpedans spektroskopi metode (BIS). Biospace og Tanita er to store produsenter av multifrekvensapparater. Et eksempel på en multifrekvens BIA metode som er brukt i militær sammenheng er InBody 720 (Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea). InBody 720 er et stående, multifrekvens, taktilt bioimpedansinstrument. Denne maskinen bruker 4 par med elektroder montert i maskinens håndtak (hånd og tommel) og golvplate (under for- og bakfot/hel). Dermed kan InBody 720 kombinere overkroppss-, underkroppss- og helkroppss bioimpedansmåling for å estimere FFM og prosent kroppsfett gjennom beregninger ut fra ICW og ECW. Gjennom å sende frekvenser mellom forskjellige elektroder kan InBody 720 måle impedansen fordelt på segmentene. Eksempel på dette er at en svakstrøm på $250 \mu\text{A}$ sendes fra elektrodene ved høyre hånd til elektrodene ved høyre fot. Fall i strømtilførsel til registrerende elektrode registreres og deles på $250 \mu\text{A}$ for å finne resistance. Dette gjentas for de forskjellige segmentene, og summen av segmentene legges sammen for å finne total resistance (BIS-metode). Elektrisitetsintensiteten i InBody 720 er $250 \mu\text{A}$. Frekvensene er 1, 5, 50, 250, 500 og 1000 kHz. Testtid på denne maskinen er ca 2 min. Algoritmene brukt for å beregne kroppssammensetning fra impedans er merkevarebeskyttet (Gibson et al, 2008).



Bilde 3. Korrekt utgangsstilling for gjennomføring av måling med InBody 720. (foto; Privat.)

Validitet og reliabilitet

Med bakgrunn i oversiktsartikler er reliabiliteten til singelfrekvens BIA, beregnet med variasjonskoeffisient, forventet å være 1 – 2 % ved målinger samme dag og 2 – 3,5 % ved måling på separerte dager (Heyward og Wagner, 2004). Validiteten til BIA metoden varierer med instrumentet, utvalget, formelen brukt for å beregne fettprosent og andre faktorer i forhold til gjennomføring av test (Heyward og Wagner, 2004).

Wu et al (1993) målte fettprosent med singelfrekvens BIA (RJL) og UWW på 47 unge menn og kvinner med gjennomsnittsalder 12,1 år (SD=2,3). Reproducerbarhet for RJL etter en uke, beregnet med ICC, var 0,98. For de kvinnelige forsøkspersonene underestimerte RJL fettfri masse med gjennomsnittlig 0,9 kg. For de mannlige forsøkspersonene var underestimeringen på gjennomsnittlig 0,1 kg. Forfatterne konkluderte med at fettprosent målt med RJL er reliabel og valid sammenliknet med UWW.

I 2006 publiserte Nichols et al en studie der de sammenliknet RJL Quantum II og DXA for å måle kroppssammensetning hos unge jenter. Deltakerne var av ulik etnisitet og gjennomsnittlig alder var $12,2 \pm 1,2$ år. Test-retest differansen for RJL var <5 ohm som utgjorde en forskjell på < 1 % fett. Resultatene viste også et RJL korrelerte godt med DXA ($r = 0,93$). Den gjennomsnittlige forskjellen på RJL og DXA var liten og ikke signifikant.

En studie av Fakhrawi et al (2009) undersøkte mål av kroppssammensetning gjort med RJL Quantum II sammenliknet med DXA. Målingene ble gjort på 33 overvektige kvinner med alder $53,9 \pm 6,0$ år (\pm SD) og BMI $33,1 \pm 5,7$ kg·m⁻². Korrelasjon (uttrykt som Pearson r) mellom DXA og RJL for fettmasse og fettfrimasse var henholdsvis 0,98 og 0,93. De to metodene for fettprosentmål viste en gjennomsnittlig forskjell ± 95 % limits of agreement på $-0,6 \pm 7,4$. Forfatterne konkluderte med at RJL Quantum II kan være et godt verktøy for å estimere kroppssammensetning hos overvektige kvinner etter overgangsalder når forskjellene i endringer av enhetsverdiene blir tatt høyde for og forbedret.

En finsk studie av Völggi et al (2008) undersøkte hvor sammenliknbare resultater fra DXA og InBody 720 var på et utvalg menn og kvinner med forskjellig BMI. Åttito menn og 86 kvinner ble inkludert i studien. Resultatene viste at bioimpedansmaskinene ga en gjennomsnittlig 2-6 % lavere verdi på FM enn DXA hos menn med normal BMI og kvinner i alle BMI-grupper. I gruppen med overvektige menn var forskjellen mindre. Reproduserbarheten av repetert måling uttrykt som variasjonskoeffisient var 2,2 % på DXA, 0,6 % på InBody 720 og 0,3 % på Tanita BC 418 MA.

Gibson et al (2008) sammenliknet InBody 720 og InBody 320 med en avansert fire-komponent modell for å måle kroppssammensetning. Fire-komponent modellen måler vann, proteiner, mineraler og fett separat med ulike metoder og legger disse sammen til total kroppssammensetning. Metoden forklares i detalj i en artikkel av Heimsfield et al (1989). Gibson et al konkluderte med at InBody 720 og InBody 320 var svært reliable og at de var gode metoder for å estimere fettprosent. Resultatene viste at begge BIA metodene underestimerte fettprosent med 1-3 % sammenliknet med referansemetoden.

Antropometri

Måleprinsipp og gjennomføring

Begrepet antropometri er bredt omfattende og inkluderer en rekke fysiske mål av menneskekroppen, som lengde, bredde, vekt, omkrets, areal, volum og hudfoldstykkelse. Antropometriske mål blir gjort både i kliniske og felt situasjoner. Instrumentene brukt til antropometriske mål er ofte mobile og relativt billige sammenliknet med andre metoder for å måle kroppssammensetning. Antropometriske mål blir ofte brukt som de er, for å sammenlikne de konkrete målene over tid. Målene kan også brukes for å estimere kroppssammensetning og kroppens tetthet. I litteraturen poengteres stadig viktigheten av at testleder er erfaren og trent, og at strenge standardiseringer overholdes ved innsamling av antropometriske mål. Det er svært varierende sammenheng mellom konkrete antropometriske mål og kroppssammensetning. Dette beskrives nærmere under *Validitet og reliabilitet*. I dette kapitlet blir antropometriske mål med hensikt å si noe om kroppssammensetningen beskrevet.

Subcutaneous adipose tissue (SAT) defineres i litteraturen som underhuds bløtvev. Med dette menes bløtvevet mellom huden og dype fasciene rundt muskulaturen. SAT er ikke helt det samme som underhuds fett siden fett er en kjemisk term mens SAT er en anatomisk term. Likevel inneholder SAT i størst grad fettvev. For å si noe om fettmassen med antropometriske mål er det SAT man er ute etter å måle. Dette kan gjøres på ulike måter. Hudfoldsmål er det mest brukte antropometriske målet for å estimere kroppssammensetningen. Det finnes en rekke ulike formler og metoder for å estimere fettprosent eller kroppens tetthet fra *hudfoldsmål*. Dette beskrives i detalj i kapittel *hudfoldsmål*. Etter hudfoldsmål er omkrets det antropometriske mål som i størst grad brukes for å fortelle noe om en persons kroppssammensetning. Omkretsmål kan innbefatte mål av midje, hofter, lemmer eller en samling av flere lokasjoner. Når man måler omkrets blir alt vev inkludert. Dette kompliserer estimeringen av for eksempel fettmassen, siden bidraget fra andre komponenter kan variere fra person til person.

Dette blir ennå mer komplekst ved mål av trunkus siden indre organer kommer i tillegg til de andre komponentene.

Validitet og reliabilitet

Som beskrevet har flere antropometriske målinger en sammenheng med kroppssammensetning. Det er utviklet flere metoder for å estimere fettprosent fra ulike antropometriske mål. Validitet og reliabilitet for disse metodene vil være varierende. Videre fordypelse i disse ulike metodene vurderes som for omfattende for denne utgivelsen. Derfor vil her noen få prinsipper som har sammenheng med troverdigheten og påliteligheten til metoden beskrives. For mer detaljert beskrivelse av ulike metoder og deres validitet og reliabilitet henvises til Heyward og Wagner (2004), Heymsfield et al (2005) og Lohman et al (1988).

Estimering av kroppssammensetning fra antropometriske mål bygger på antagelsen av at bløtvevet er i en "standard form". Det vil for eksempel si at muskulaturen er fullt avslappet og at vevet er normalt hydrert. All påvirkning vekk fra "standard formen" vil svekke validiteten. Flere av disse antagelsene beskrives i kapitlet om hudfoldsmålinger. Korrelasjonen mellom abdominal omkrets og kroppens tetthet kan forventes å være ca -0,7, mens korrelasjonen mellom lemmenes omkrets og kroppens tetthet kan forventes å være ca -0,4 (Heymsfield et al, 2005).

Hudfoldsmål

Måleprinsipper og gjennomføring.

Hudfoldsmål er mye brukt både i klinisk- og felt- sammenheng for å måle en persons kroppsfett. Siden tidlig på 1900 tallet har det blitt brukt hudfoldsmål for å beregne underhudsfett (Heyward og Wagner, 2004). Måling av hudfold (Skinfolds; SKF) måler indirekte tykkelsen på underhudsfettet. Ved å måle tykkelsen på en hudfold måler man dobbel tykkelse av huden og det underliggende fettete (Heyward, 2002). Med utgangspunkt i hudfoldsmål av underhudsfettet kan man estimere total FM (Lohman et al, 1988). Hudfoldsresultatene blir ofte brukt for å predikere BD som senere kan brukes for å beregne FM (Malina, 2007).

Beregning av BD og FM fra hudfoldsmål er basert på fem antagelser (Heyward, 2002):

1. SKF er en god metode for å måle underhudsfett.
2. Fordelingen av fett under huden og visceralt er likt for alle individ innenfor hvert kjønn.
3. Siden det er sammenheng mellom underhudsfett og total FM kan summen av flere SKF brukes for å estimere total FM.
4. Det er sammenheng mellom summen av flere SKF og BD.
5. Alder er en uavhengig variabel for BD for både menn og kvinner.

Hudfoldsbaserte metoder for å måle kroppssammensetning involverer to hoveddeler som begge kan være potensielle feilkilder. For det første må testlederen være trent til å måle hudfoldene på en måte som er korrekt og repeterbar. For det andre må

testlederen velge en formel som på best mulig måte estimerer FM ut fra målingene av hudfoldene (Ball et al, 2006). Det er rapportert mulige feilkilder ved varierende målepunkter og måleteknikk (Hume og Marfell-Jones, 2008).

For å minimere tekniske feil ved en hudfold kalipermåling har målested og måleteknikk blitt definert og standardisert. Et eksempel på en slik standardisering finnes i Lohman et al (1988) og "The International Standards for Anthropometric Assessment" (Hume og Marfell-Jones, 2008). Denne veiledningen definerer forskjellige målepunkter fordelt på kroppen. Målepunktene er lokalisert i forhold til anatomiske kjennemerker.

Det finnes en rekke ulike kalipere som kan brukes for å måle hudfoldstykkelse. Kalipere av metall blir ofte ansett som nøyaktige, mens kalipere av plast er rimeligere og ikke like nøyaktig (Heyward, 2002). Høykvalitetskalipere som ofte er brukt i forskningssammenheng er Harpenden, Lange, Holtain og Lafayette. Disse skal gi et konstant trykk (~ 10g/mm²) gjennom hele spennet av tykkelsesmål (0 – 60 mm) (Heyward, 2002). Selv om høykvalitetskalipere har store likheter er det anbefalt å holde seg til samme type i intervensjonsstudier og longitudinelle studier (Heyward og Wagner, 2004).

En rekke forskere har publisert formler for å estimere BD med utgangspunkt i ulike antropometriske variabler. For 25 år siden fantes det allerede over 100 formler i litteraturen for å estimere BD fra SKF (Jackson og Pollock, 1985). En rekke av disse formlene er best egnet for et homogent utvalg når det kommer til kjønn, alder, BD og etnisitet og blir brukt i varierende omfang. Det finnes også formler som er utviklet spesielt for idrettsutøvere (Malina, 2007 og Heyward og Wagner, 2004). Som nevnt er en rekke formler for homogene utvalg utviklet med bakgrunn i et lineært forhold mellom SKF og BD. Dette er noe av bakgrunnen for at mange formler ikke er valide og egnede for heterogene utvalg. Det er utviklet noen generelle formler som baserer seg på et ikke-lineært forhold mellom SKF og BD, i forhold til alder. Generelle formler som ofte er brukt i litteraturen er hentet fra Jackson og Pollock (1985). De generelle formlene er også ulike for kvinner og menn.



Bilde 4. Eksempel på oppmåling av målepunktene anatomiske plassering og hudfoldmåling med Harpenden kaliper. Her vises åtte vanlige målepunkter på menn. (foto; Privat.)

Videre vil jeg gi en kort introduksjon til formler som kan være hensiktsmessige å bruke for måling av militært personell. Detaljer rundt disse formlene er presentert i tabellen nedenfor. Det finnes en rekke andre formler som også kan være hensiktsmessige å bruke ved måling av ulike grupper i militær sammenheng, for en oversikt over flere formler refereres til Heyward og Wagner (2004).

I en artikkel fra 1985 presenterte Jackson og Pollock generelle formler for begge kjønn. Disse formlene baserte seg på et ikke-lineært forhold mellom SKF og BD med tanke på alder. Resultatet var to formler for hvert av kjønnene som baserte seg på summen av sju eller tre hudfolder, og individets alder. I den samme studien beskriver de at det er god korrelasjon mellom fettprosent beregnet fra sju eller tre SKF ($r \geq 0,97$).

Artikkelen av Jackson og Pollock (1985) er basert på to artikler fra 1978 og 1980 der det samme forskerteamet presenterte generelle formler for estimering av BD fra SKF for henholdsvis menn og kvinner. I en av disse artiklene (Jackson et al, 1980) presenterte de en formel for beregning av BD med utgangspunkt i summen av fire hudfolder for kvinner.

En annen aktuell formel, som er mye brukt for trente menn, er formelen basert på summen av tre SKF fra Lohman (1981), modifisert av Thorland (1991). Denne er anbefalt for bruk på unge mannlige idrettsutøvere (Heyward og Wagner, 2004). For trente kvinner er ofte en formel basert på summen av 2 SKF som er hentet fra Slaughter et al (1988) anbefalt. I litteraturen er denne formelen anbefalt for unge mennesker der summen av triceps og scapula hudfoldene er < 35 mm. (Heyward og Wagner, 2004).

Tabell 1. Viser formler for estimering av kroppens tetthet (BD) ut fra flere målepunkter. Utvalget av formler i denne tabellen kan i utgangspunktet være hensiktsmessig ved testing av militært personell.

Navn og referanse	Målepunkter	Formel
M-1 Jackson og Pollock 1985	$\Sigma 7$ SKF: Triceps, Scapula, Chest, Axilla, Ilium, Abdomen, Thigh	$BD = 1,112 - 0,00043499(\Sigma 7SKF) + 0,00000055(\Sigma 7SKF^2) - 0,00028826(Alder)$
K-1 Jackson et al. 1980	$\Sigma 4$ SKF: Triceps, Ilium, Abdomen, Thigh	$BD = 1,096095 - 0,0006952(\Sigma 4SKF) + 0,0000011(\Sigma 4SKF^2) - 0,0000714(Alder)$
M-2 Jackson og Pollock 1985	$\Sigma 3$ SKF: Chest, Abdomen, Thigh.	$BD = 1,10938 - 0,0008267(\Sigma 3SKF) + 0,0000016(\Sigma 3SKF^2) - 0,0002574(Alder)$
K-2 Jackson og Pollock 1985	$\Sigma 3$ SKF: Triceps, Ilium, Thigh	$BD = 1,099421 - 0,0009929(\Sigma 3SKF) + 0,0000023(\Sigma 3SKF^2) - 0,0001392(Alder)$

M-3 Lohman et al. 1981	$\Sigma 3SKF$: Triceps, Scapula, Abdomen	$BD = 1,0973 - 0,000815(\Sigma 3SKF) + 0,00000084(\Sigma 3SKF^2)$
K-3 Slaughter et al. 1988	$\Sigma 2SKF$: Triceps, Scapula	$BF \% = 1,33 (\Sigma 2SKF) - 0,013 (\Sigma 2SKF^2) - 2,5$

BD: Body density (total kroppsvekt i forhold til totalt kroppsvolum med betegnelsen g/cc), BF %: Fettprosent, K: Kvinner, M: Menn, SKF: Skinfolde (hudfolder)

Validitet og reliabilitet

I forhold til reliabiliteten finnes det flere potensielle feilkilder ved metoden for å måle fettprosent fra hudfoldsmål. Som nevnt kan resultatet av en hudfoldsmåling variere mellom ulike kalipere. Det er rapportert forskjeller på hudfoldsmål gjort med Harpenden og Lange i flere studier, der Harpenden gir noe lavere resultat (Gruber et al, 1990 og Lohman et al, 1984). Anatomiske lokasjoner for målepunkter er standardisert, men selv med stor nøyaktighet fra testleder vil det være muligheter for at målepunktene blir noe ulike fra gang til gang. I en studie fra 2008 belyste Hume og Marfell-Jones (2008) viktigheten av eksakte målesteder for nøyaktighet og reproducerbarhet av Harpenden kalipermåling. I denne studien ble det gjort ni målinger i én cm radius fra åtte punkter bestemt av "International society for the advancement of kinesthropometry" (ISAK). Målingene ble gjort på 10 friske voksne menn. Resultatene viste at 45 av 64 målinger (70 %) gjort i omkrets rundt det eksakte punktet var signifikant forskjellig fra målingen i punktet.

Flere studier har undersøkt validiteten for fettprosent estimert fra hudfoldsmål, men som sagt er redskapene og formlene mange og ulike. For å si noe om validiteten til hudfoldsmål vil det være nyttig å se på de fem antagelsene som ligger til grunn:

1. SKF er en god metode for å måle underhudsfett. Studier har vist at underhudsfettet målt med SKF på 12 ulike målepunkter, korrelerer godt med resultatene fra magnetic resonance imaging (MRI) (Hayes et al, 1988).
2. Fordelingen av fett under huden og visceralt er likt for alle individ innenfor hvert kjønn. Denne antagelsen er noe usikker. Studier har vist stor variasjon innenfor og på tvers av kjønn, og på tvers av alder (Lohman, 1981 og Jackson og Pollock 1985).
3. Siden det er sammenheng mellom underhudsfett og total FM kan summen av flere SKF brukes for å estimere total FM. Denne antagelsen bygger på antagelse 2 og er derfor også noe usikker. Allikevel viser en rekke studier god korrelasjon mellom SKF metoder og andre anerkjente metoder for å måle FM (Jackson og Pollock, 1980 og Lohman 1981).
4. Det er sammenheng mellom summen av flere SKF og BD. Denne relasjonen synes å være lineær for homogene utvalg og ikke-lineær for utvalg med stor variasjon i BD (Jackson og Pollock, 1985). Dette er utgangspunktet for populasjonsspesifikke formler for å beregne BD fra SKF.
5. Alder er en uavhengig variabel for BD for både menn og kvinner. Med dette menes at bruk av alder sammen med ikke-lineært uttrykk av summen av SKF, forklarer mer av variansen i BD enn summen av SKF alene (Jackson, 1984).

I en oversiktsartikkel fra 1997 evaluerte Fogelholm et al blant annet hudfoldsmetoden mot UWW for å måle kroppssammensetning. Gjennomsnittet av flere studier antydet av fettprosent beregnet med formelen fra Jackson et al (1978 og 1980) underestimerte fettprosent i forhold til UWW ($-4,6 \pm 3,0 \% (\pm SD)$).

Ultralyd

Måleprinsipp og gjennomføring

Et ultralydinstrument brukes vanligvis for å undersøke bløtvevsstrukturer i kroppen, men kan også måle vevets tykkelse. Siden ultralyd kan målet tykkelsen på SAT, muskulatur, indre organer og annet vev i bukhulen kan den brukes for å estimere kroppssammensetning. I enkelte studier brukes også ultralyd for å måle visceral fedme (Heymsfield et al, 2005). Siden hudfoldsmål med kaliper har begrensninger ved svært tykke hudfolder anbefales ultralyd som alternativ metode for å måle SAT hos overvektige individ (Heymsfield et al, 2005). Når ultralyd brukes med standard protokoll av trent testpersonell kan nøyaktigheten forventes å være omtrent den samme som ved hudfoldsmål med kaliper (Heymsfield et al, 2005).

Når kroppssammensetning skal beregnes fra ultralydmål gjelder mange av de samme prinsippene som for hudfoldsmål med kaliper. For eksempel antar man også her at et utvalg lokasjoner på kroppen er representative for hele kroppens SAT tykkelse. Det finnes også mer kommersielle ultralydinstrumenter som kan gi ferdig beregnet fettprosent etter måling av SAT på en lokasjon. Produsentene hevder at resultatene er valide og at det ikke er behov for trent testpersonell. Eksempler på slike apparater er; *The Bodymetrix System* og *GEM ultrasonic bodycomposition measurement*. Disse vil ikke beskrives nærmere i denne teksten.

Validitet og reliabilitet

Ultralyd vurderes i litteraturen til godt egnet for å måle tykkelsen på bløtvev (Heymsfield et al, 2005). Likevel poengteres også her viktigheten av trent testpersonell og standardisert protokoll. Siden mange av antagelsene for estimering av kroppssammensetning er felles for hudfoldsmål med kaliper og ultralyd vil også validiteten og reliabiliteten til disse antagelsene være de samme (se under hudfoldsmål over). Dette betyr imidlertid ikke at resultater etter måling med ultralyd og kaliper alltid kan sammenliknes siden formlene for å beregne kroppssammensetning fra SAT kan variere. For eksempel fant en studie fra 2008 at fettprosent målt med ultralyd korrelerte svært godt med undervannsveiing, mens fettprosent på det samme utvalget, målt med hudfoldkaliper var mindre sammenlignbart (Utter og Hager, 2008).

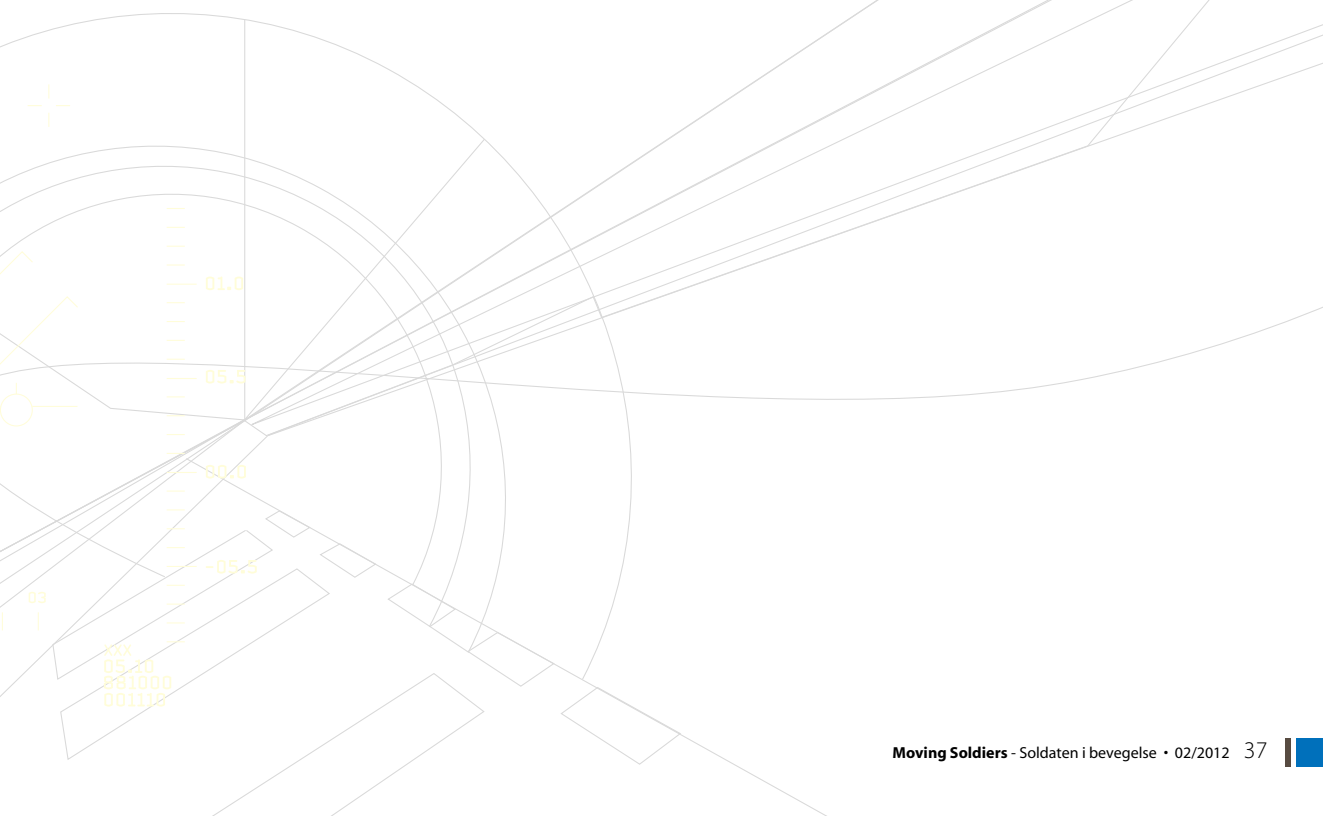
Beregning av fettprosent med utgangspunkt i kroppens tetthet

Beregning av fettprosent med utgangspunkt i BD er basert på en to-komponentmodell bestående av FM og FFM (Heyward og Wagner, 2004). Den første to-komponentmodellen ble utviklet av Behnek et al i 1953 og antok at tettheten til FFM var lik for alle individer. På samme tid utviklet Keys og Brozek (1953) en formel for å estimere fettprosent fra BD. Denne formelen var basert på en referansekropp med fettprosent på 14 og antok at fettets tetthet var $0,9478 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$ (Heyward og Wagner, 2004). Senere ble formelen fornyet med utgangspunkt i en referansekropp med 15,3 % fett og en mer nøyaktig fetttetthet på $0,901 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$ (Brozek et al, 1963). I denne formelen var BD antatt å være $1064 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$ ved 15,3 prosent fett. I denne modellen vil en kropp med BD som er forskjellig fra referansen ($1064 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$) være et resultat av ulik fettprosent.

I 1956 utviklet Siri en annen formel for å beregne fettprosent med utgangspunkt i BD. Denne formelen har forskjellige konstanter enn Brozek et als formel fordi Siri antok at variasjon i BD fra referansekroppen var forårsaket av en forskjell i triglyseridinnhold fremfor fettvev (Heyward og Wagner, 2004).

Både formelen utviklet av Siri (1956) og Brozek et al (1963) er mye brukt i litteraturen. Begge er anbefalt av Heyward (2002). De to nevnte formlene gir nært identisk resultat når kommer til estimering av fettprosent. Variasjonen kan forventes å være $\leq 1,0 \%$ (Heyward og Wagner, 2004). For eksempel om et individ har en BD på $1,050 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$ vil fettprosenten beregnet med formelen til Brozek et al være 21,0 mot 21,4 beregnet med formelen til Siri. For individer med fettprosent på > 30 , vil formelen til Siri gi et høyere estimat enn formelen fra Brozek og medarbeider, forskjellen kan da forventes å bli $> 1,0 \%$ mellom de to formlene (Heyward og Wagner, 2004).

Det er utviklet en rekke formler for beregning av fettprosent fra BD tilpasset ulike homogene utvalg (Heyward og Wagner, 2004).



01.0

05.5

80.0

-05.5

03

KXX
05.10
881000
001118



3

- Hvilke metoder kan anbefales i ulike militære situasjoner? ■

Viktigheten av standardisering av forberedelser og datainnsamlingen

41



Hvilke metoder kan anbefales i ulike militære situasjoner?

Måling av kroppssammensetning hos militært personell kan ofte være av interesse, da studier på militært personell viser at vekten kan endre seg mye i løpet av for eksempel fysisk harde stridskurs, øvelser eller operasjoner, men også som følge av endrede treningsvaner under militærtjeneste (Dyrstad et al, 2007 og Mikkola et al, 2009). Krav til styrken og kvaliteten til metoden for måling av kroppssammensetning vil være forskjellig i ulike militære sammenhenger.

DXA metoden blir ofte sett på som en gullstandard for kroppssammensetningsmåling i litteraturen. Fordelen med denne metoden er helt klart dens høye anerkjennelse. Men som beskrevet tidligere er heller ikke denne metoden fullkommen og har en rekke mulige feilkilder. Som nevnt er også DXA tilgjengelig ved en rekke sykehus og røntgeninstitutter. DXA metoden er omfattende i bruk og dyr i drift og derfor ofte ikke hensiktsmessig om et stort utvalg skal testes.

I forbindelse med undersøkelse av et stort utvalg der det er mulig å gjennomføre anbefalt standardisering i forbindelse med forberedelser og testing, vil BIA metodene være et gunstig valg. Metodene er enkle å gjennomføre og mange individer kan testes på kort tid. En annen fordel med BIA metodene er at den er objektiv, altså at testleder ikke har påvirkning på resultatene og derfor trenger lite opplæring for å gjennomføre testingen.

RJL Quantum II er enkel å forflytte og krever lite annet utstyr. Den er også vesentlig rimeligere i innkjøp enn for eksempel InBody 720.

InBody 720 er en større maskin som er noe mer immobil og den krever strømtilførsel. Likevel kan InBody 720 foretrekkes fremfor RJL Quantum II i enkelte sammenhenger. Den gir svar på målingene direkte og resultatene fra InBody 720 inneholder flere variabler enn RJL. Variabler som InBody 720 tilbyr utover RJL Quantum II er blant annet; forholdet mellom ICW og ECW, proteiner, mineraler (inkludert beinmineraler), muskelmasse, midje-hofte mål, fordelingen av FFM på segmentene, visceralt fett, forholdet mellom ECW og TBW fordelt på segmentene og hvilemetabolismen (BMR). Flere av disse variablene kan være av interesse i spesielle militære studier der en for eksempel er opptatt av ernæringsmessige forhold i forbindelse med øvelser eller operasjoner. Det finnes få gode studier som beskriver validiteten til de nevnte variablene. Erfaring viser at InBody 720 kan oppleves som mer spennende for personell som skal testes. Resultatskjema er innholdsrikt og lettlest. Dette kan være en motivasjonsfaktor for å gjennomføre testingen og i treningsarbeidet generelt.

I en rekke militære situasjoner vil standardisering av testforberedelser være utfordrende eller umulig. Eksempler på slike situasjoner er i forbindelse med stridskurs, øvelser eller operasjoner. Som nevnt er BIA metodene sårbare for påvirkninger fra ernæringsstatus, væskebalanse og trening. I slike situasjoner vil hudfoldsmål være å foretrekke siden denne metoden i langt mindre grad påvirkes av andre faktorer. Det bør likevel poengteres at testlederen ved hudfoldsmåling trenger grundig opplæring for at resultatene skal være reliable. Hudfoldsmål er noe mer tidkrevende sammenliknet

med BIA metodene. I litteraturen vises at det ikke ser ut til at fettprosent beregnet fra summen av tre hudfolder gir merkbart dårligere reliabilitet enn fettprosent beregnet fra fire eller syv hudfolder (Jackson og Pollock, 1985). Dermed vil trolig hudfoldsmål av tre hudfolder være best egnet i slike sammenhenger.

Derom BIA metodene skal brukes etter stridskurs, øvelser eller liknende vil vi anbefale at testingen gjennomføres minimum et døgn etter avslutningen på aktiviteten, slik at anbefalt standardisering kan gjennomføres.

Det er viktig å poengtere at man bør holde seg til samme metode gjennom hele prosjektet eller studien. Sammenlikning av resultater fra ulike målemetoder ved undersøkelse av endring i kroppssammensetning er ikke anbefalt (Heyward og Wagner, 2004 og Heymsfield et al, 2005).

Viktigheten av standardisering av forberedelser og datainnsamlingen

I litteraturen er det anbefalt en streng standardisering av faktorer som trolig kan påvirke resultatene til enkelte målemetoder for kroppssammensetning. Ved testing i militær sammenheng generelt, vil det kunne være utfordrende å gjennomføre denne standardiseringen. Derfor vil det være nyttig å vite mer om hvordan ulike forhold kan påvirke resultatene, hvilket i så fall må undersøkes i nye studier. Videre følger argumenter for nødvendigheten av standardisering for enkelte av metodene presentert tidligere.

Inntak av mat og drikke påvirker BIA resultatene

Inntak av mat og drikke før testing med BIA vil påvirke resultatene på TBW og ECW, men en generell overensstemmelse om anbefalt tid fra inntak til test er ikke befestet (Dehghan og Merchant, 2008).

En rekke studier har undersøkt hvordan kroppens impedans og beregnet fettprosent påvirkes av inntak av mat og drikke.

I 1986 publiserte Lukaski et al en studie der de undersøkte validiteten til singelfrekvens BIA metode mot UWW. De fant at det var god korrelasjon mellom de to metodene på 114 menn og kvinner i alderen 18-50 år og spredning i fettprosent fra 4 til 41 %. Lukaski et al (1986) poengterte at dehydrering økte impedansen og at dette kunne føre til en underestimert av FFM på opptil 5 kg.

Deurenberg et al (1988) undersøkte hvordan flere faktorer kunne påvirke kroppens bioelektriske impedans. I denne studien målte de impedans med en singelfrekvens BIA metode før et måltid (464 kcal.), og en, to, tre og fire timer etter inntak av måltidet. Resultatene viste at impedansen ble signifikant redusert to, tre og fire timer etter matinntaket, med det laveste resultatet ved fire timer. I denne studien undersøkte de også effekten av inntak av 200ml te eller buljong. Her viste resultatene at vanlig te hadde ingen effekt etter 20 min, mens buljong førte til en liten men signifikant reduksjon av impedans etter den samme tiden. Funnene fra Deurenberg et al ble

underbygget i en finsk studie fra 1993 (Fogelholm et al, 1993). De fant at BIA metoden overestimerte FFM fra to til fem timer etter matinntak.

Kaminsky og Whaley (1993) sammenliknet singelfrekvens BIA måling etter tre og 12 timers faste. Målingene ble gjort ved fire separerte dager over to uker. Resultatene viste at det var ingen signifikant forskjell mellom fettprosent målt med BIA ved de to ulike tidspunktene i forhold til inntak av mat. Det var imidlertid ingen standardisering av måltidene i denne studien.

I en svensk studie fra 2001, undersøkte Slinde og Rossanden-Hulthén variasjonene i bioelektrisk impedans gjennom 24 timer med tre standardiserte måltid. I denne studien ble både singel- og multifrekvens BIA metoder brukt. Det var ingen statistisk forskjell på resultatene fra de to metodene. Det ble observert en reduksjon av impedans etter måltidene, som førte til reduksjon av fettprosent. Denne reduksjonen varte i 2-4 timer etter måltid. Dette førte til at fettprosent varierte på det meste med 2,3 prosentpoeng for kvinner og 1,7 prosentpoeng for menn. Det ble også observert at første måling gjort oppreist, etter at forsøkspersonene hadde ligget nede, viste redusert impedans. Resultatene viste også at en nattesøvn med faste førte til at impedansen gikk tilbake til utgangspunktet.

Funn i flere studier viser altså at inntak av mat og drikke kan påvirke impedansen. Det ser ut til at dette gjelder både singel- og multifrekvens metoder. I tillegg vil mat og drikke påvirke vekten, som ofte er en variabel i formelen for å beregne fettprosent fra impedans (Dehghan og Merchant, 2008). Med bakgrunn i denne kunnskapen er det anbefalt faste over natten (10t) som en standardisering før måling med BIA (Fogelholm et al, 1993, Kushner et al, 1996 og Dehghan og Merchant, 2008).

Fysisk aktivitet påvirker BIA resultatene

Fysisk aktivitet kan hypotetisk påvirke kroppens impedans på tre måter. For det første vil treningen føre til økning av hjertets minuttvolum og økning av blodstrøm til muskulatur. Økt blodstrøm i årene og oppvarming av muskulatur vil kunne føre til redusert impedans. For det andre vil økt kroppstemperatur føre til oppvarming av huden og muligens svetting. Disse faktorene kan også redusere impedansen. For det tredje vil trening kunne føre til dehydrering og redusert TBW. Dette vil i så fall føre til økt impedans (Kushner et al, 1996).

I 1988 undersøkte Caton et al effekten av ulik omgivelsestemperatur, og dermed hudens temperatur, på kroppens impedans. Hudens temperatur og impedansen ble målt i 14,4 °C og 35,0 °C, med tilnærmet lik relativ luftfuktighet. Resultatene viste en endring i hudens temperatur på 9,3 °C som resulterte i en endring av impedansen på 35,0 ohm. Redusert temperatur førte til økt resistance som igjen førte til en overestimering av FM.

I studien til Deurenberg et al (1988) syklet forsøkspersonene på ergometersykel i 90 min. Det ble delt inn i to grupper med ulik intensitet (100 og 175 W). Trening på moderat intensitet førte til signifikant reduksjon av impedansen. Trening på lav intensitet viste en ikke signifikant tendens til reduksjon av impedansen.

I en dansk studie (Garby et al, 1990) ble effekten av omgivelsenes temperatur samt

effekten av moderat trening undersøkt. Endring av temperaturen fra 24 °C til 35 °C førte til en reduksjon av impedansen på 2,0 %. Endring av temperaturen fra 34 °C til 24 °C førte til en økning av impedansen på 3,7 %. Disse funnene samsvarer med funnene til Caton et al (1988). Effekten av moderat sykling i 5 min var lav (0,5-1,0 %) og ikke signifikant.

Med kunnskapen fra disse studiene er det anbefalt at det bør være flere timer fra moderat og intensiv fysisk trening til måling med BIA. Det bør også tas hensyn til andre faktorer som kan påvirke hudens temperatur.

Menstruasjonssyklusen påvirker BIA resultatene og trolig hudfoldsmål

Menstruasjonssyklusen er i hovedsak styrt av hormonene østrogen og progesteron. Svingninger i nivået av disse hormonene fører til en rekke fysiologiske responser som påvirker en rekke vev og organer (Farage et al, 2009). Økning av progesteron og østrogen kan blant annet føre til en økning av kroppens kjernetemperatur (<1 °C) (Farage et al, 2009), økt hydrering av en rekke vev og organer (Deurenberg et al, 1988), tykkere hud (Farage et al, 2009) og økning av underhudsfettet (Perin et al, 2000). Alle disse faktorene kan påvirke kroppens bioelektriske impedans. Nivået av østrogen er høyest under egglosning, mens nivået av progesteron er høyest mellom egglosning og blødning (Farage et al, 2009).

Gualdi-Russo og Toselli (2002) fant imidlertid ingen signifikant forskjell på TBW estimert med en multifrekvens BIA metode, gjennom menstruasjonssyklusen.

I den nevnte studien av Deurenberg et al (1988) vist resultatene en signifikant forskjell på impedansen en uke før og en uke etter menstruasjon. De observerte også at når impedansen var på det laveste, var forsøkspersonene 0,5 kg tyngre enn når impedansen var på det høyeste. Forskjellene på høy og lav impedans var ikke store (< 8 ohm), og forfatterne konkluderte med at den lille endringen skyldtes økt TBW mellom egglosning og blødning. Disse funnene ble underbygget av Gleichauf og Roe (1989) som mente at et gjennomsnitt av flere målinger gjennom menstruasjonssyklusen gir et riktigere svar på en kvinnes kroppssammensetning.

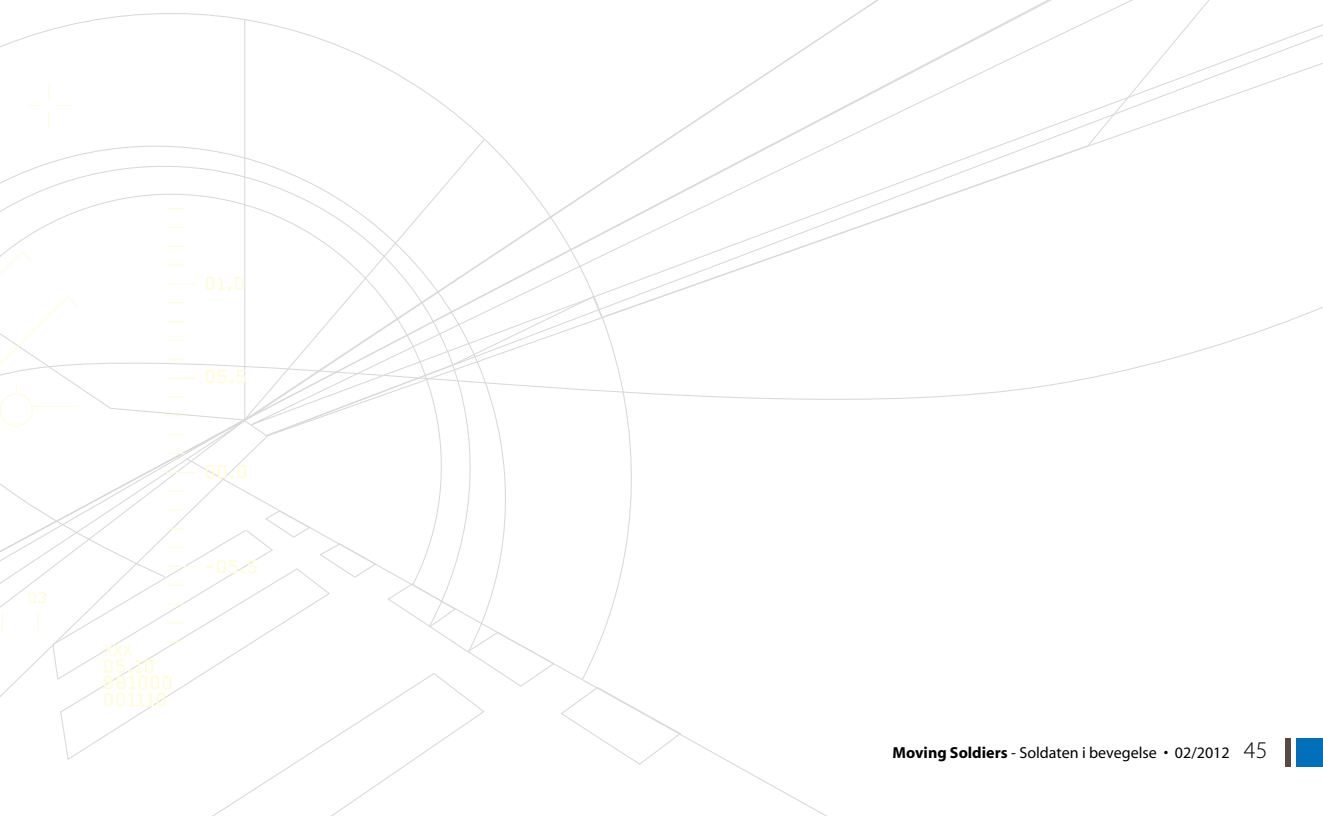
Det ser ikke ut til at de fysiologiske svingningene gjennom menstruasjonssyklusen påvirker impedansen i stor grad (Dehghan og Merchant, 2008), men dersom små endringer i kroppssammensetning skal evalueres vil det være hensiktsmessig å ta hensyn til disse svingningene. De små endringene av hudtykkelse og underhudsfett vil også kunne måles med hudfoldskaliper og resultere i overestimert FM mellom egglosning og blødning (Perin et al, 2000).

Hydreringsstatus påvirker DXA resultatene

Måling av kroppssammensetning med DXA bygger også på antagelsen om at kroppens FFM inneholder ca. 73 % vann. Studier viser imidlertid at hydreringen kan variere fra 67 % til 85 % i ekstreme tilfeller (Andreoli et al, 2009). Dersom FFM inneholder mer enn gjennomsnittlig andel vann vil noen DXA maskiner overestimere FM (Laskey, 1996), mens funnene til Kelly et al (1998) indikerte at vevshydrering mellom 68,2 % og 78,2 % ikke gjorde signifikante utslag ved måling av FM. I en studie fra 1998 konkluderte

Pietrobelli et al med at betydelig overhydrering førte til overestimering av FM ved DXA måling. Dersom funnene til Laskey (1996) og Pietrobelli et al (1998) medfører sannhet, betyr dette at overhydrering gir motsatt effekt på DXA og BIA. Dette underbygger viktigheten av standardiserte forberedelser ved sammenlikning av de to metodene. Det er ikke grunn til å tro at hydreringsstatusen til forsøkspersonene i denne studien har påvirket resultatene i så måte.





01.0

05.5

80.0

-05.5

03

KXX
05.10
881000
001118



4

■ Studier av kroppssammensetning hos norsk militært personell ■

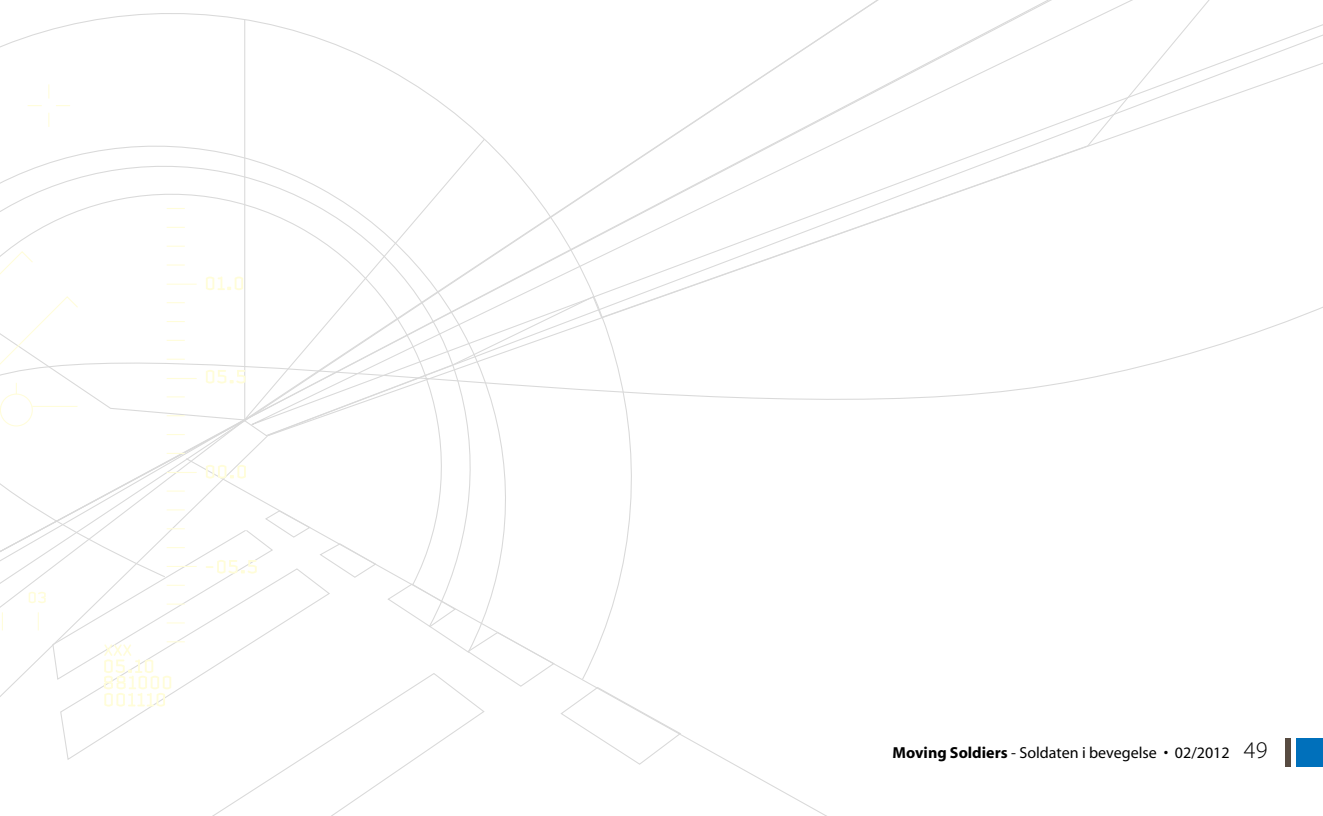


Studier av kroppssammensetning hos norsk militært personell

Det har ikke vært tradisjon for måling av kroppssammensetning hos norsk militært personell, hverken ved seleksjon til tjeneste/utdanning, eller senere i det militære karriereløpet. Imidlertid brukes BMI ved seleksjon på sesjon, samt som seleksjonskriterium ved enkelte andre opptak i Forsvaret. Data om kroppssammensetning hos norsk militært personell er derfor i liten grad tilgjengelig, og begrenser seg til relativt få og enkeltstående studier. I senere år er det imidlertid anskaffet noen flere instrumenter som kan brukes til å samle inn denne form for data, selv om lite foreløpig er publisert av blant annet normative data for ulike grupperinger innen Forsvaret.

En studie av Hoyt et al. (2006) har presentert mål på kroppssammensetning (ved hjelp av DXA målinger) hos et mindre utvalg norske mannlige og kvinnelige krigsskolekadetter. Aandstad et al. (2012) har også publisert data om kroppssammensetning hos kadetter. Alle kadettene ved fra ett årskull ved Luftkrigsskolen i Trondheim gjennomførte BIA-målinger ved oppstart, samt etter endt 1. år, 2. år og ved slutten av siste og tredje år, for å studere endring i fettprosent gjennom tiden ved Luftkrigsskolen. Denne studien var en forstudie til en større Kadettutviklingsstudie som ble gjennomført fra 2007 – 2011, der alle Krigsskolene (Hær, Sjø og Luft) i samarbeid med NIH/F har målt kroppssammensetning (BIA) på alle kadettene fra to årskull gjennom sine treårige utdannelser. Data fra studien er ennå ikke publisert, men foreløpige gjennomsnittsverdier er presentert i tabell 3. Holtberget (2011) har i en delstudie av Kadettutviklingsstudien validert BIA (både singel- og multifrekvens apparater) og hudfoldsmålinger opp mot DXA i både luftkrigsskolekadetter og kvinnelige rekrutter og befal fra Ørland Hovedflystasjon. I tillegg har NIH/F gjennomført måling av kroppssammensetning (BIA) på drøyt 800 HV-soldater under regulære HV-øvelser for forsterknings- og innsatsstyrkesoldater.

Forsvaret har de senere årene fått tilgang til enkelte instrumenter for måling av kroppssammensetning. NIH/F eier et singelfrekvent BIA apparat (RJL Quantum II), samt en Harpenden kaliper for hudfoldsmålinger. NIH/F vil også ha tilgang til et DXA apparat som planlegges anskaffet ved NIH. Både Krigsskolen Linderud og Sjøforsvarets idretts og trenings senter (SITS) i Bergen disponerer et multifrekvent BIA apparat (InBody 720). Også FLO Kolsås eier et multifrekvent BIA apparat av en annen modell (Tanita).



01.0

05.5

80.0

-05.5

03

KXX
05.10
881000
001118



5

- Normative data om kroppssammensetning hos militært personell i Norge og internasjonalt ■



Normative data om kroppssammensetning hos militært personell i Norge og internasjonalt

Avslutningsvis vil vi kort presentere noen normalverdier på kroppssammensetning hos sivile og militære. Tall på kroppssammensetning er nemlig ikke alltid like lette å tolke som f.eks. et mer innarbeidet begrep som BMI. Hva er normale tall for kroppssammensetning? Finnes det data for hva som er helsemessig anbefalte verdier for fettprosent? I tabell 2 er det presentert tall for klassifisering av ulike tallverdier for fettprosent. Med tanke på hva som er helsemessige anbefalte fettprosent verdier har Gallagher et al (2000) beskrevet dette for ulike aldersgrupper og etnisiteter. For hvite menn i alderen 20-39 år er anbefalt fettprosent på mellom 8 og 20 %, mens tilsvarende tall for kvinner er mellom 21 og 33 %. Imidlertid er disse dataene basert på BMI skalaen, og egne studier på f.eks. mortalitet og kroppssammensetning er mindre studert enn f.eks. mortalitet og BMI. Hva som er helsemessig gode fettprosentverdier blir derfor fortsatt debattert.

Hva er så normale verdier for kroppssammensetning hos militært personell? Dette varierer naturlig nok avhengig av både hvilken gruppe med soldater som er testet, og ikke minst hvilken metode som er benyttet for å gjøre målingene. En del av de målingene som er gjort i Norge og internasjonalt på soldater er presentert i tabell 3 (tverrsnittsstudier) og i tabell 4 (intervensjonsstudier).

Tabell 2: Generelle klassifiseringer for voksne, barn og fysisk aktive personer
 Lohan, Houtkooper og Going, 1997 og Heyward, 2002)

Fettprosent for barn og voksne

	IA*	Lav	Middels	Høy	Fedme
Menn					
6-17 år	< 5	5-10	11-25	26-31	> 31
18-34 år	< 8	8	13	22	> 22
35-55 år	< 10	10	18	25	> 25
55+ år	< 10	10	16	23	> 23
Kvinner					
6-17 år	< 12	12-15	16-30	31-36	> 36
18-34 år	< 20	20	28	35	> 35
35-55 år	< 25	25	32	38	> 38
55+ år	< 25	25	30	35	> 35

Fettprosent for fysisk aktive

	Lav	Middels	Høy		
Menn					
18-34 år	5	10	15		
35-55 år	7	11	18		
55+ år	9	12	18		
Kvinner					
18-34 år	16	23	28		
35-55 år	20	27	33		
55+ år	20	27	33		

IA* = ikke anbefalt

Tabell 3. Tverrsnittstudier av kroppssammensetning hos militært personell

Land	År	Utvalg	Vekt (kg)	Fettprosent	Testmetode	Referanse
USA	1998	50 menn (31,2 ± 6,2 år) tjenesteytere US Air Force	87,2 ± 14,9 kg	19,3 ± 7,8 %	UWW	Kremer et al. (1998)
USA	1998	50 kvinner (30,0 ± 6,9 år) tjenesteytere US Air Force	66,5 ± 8,9 kg	26,3 ± 4,9 %	UWW	Kremer et al. (1998)
Estland	2004	32 menn (17-18 år) rekrutter.	74,1 ± 12,6 kg	14,1 ± 6,4 %	DXA	Linsti et al. (2004)
Estland	2004	32 menn (17-18 år) rekrutter.	74,1 ± 12,6 kg	15,1 ± 5,1 %	SKF	Linsti et al. (2004)
Norge	2012	30 menn (23 ± 4 år) Kadetter Luftkrigsskolen	78,4	17,8	BIA (RJL Quantum II)	Aandstad et al. (2012)
Norge	2012	255 menn (23±3 år) Kadetter ved alle tre Krigsskoler	79,6 ± 9,1 kg	16,2 ± 4,4 %	BIA (RJL Quantum II)	Aandstad et al. upubl
Norge	2012	28 kvinner (23±2 år) Kadetter ved alle tre Krigsskoler	62,8 ± 8,4 kg	24,0 ± 4,2 %	BIA (RJL Quantum II)	Aandstad et al. upubl
Norge	2012	727 menn (32,8 ± 4,6) HV soldater F-styrke	84,9 ± 13,2	19,3 ± 5,8 %	BIA (RJL Quantum II)	Aandstad et al. upubl
USA	2011	53 menn (26,6 ± 6,9 år) National Guard soldater	85,7 ± 16,2	22,2 ± 9,2	BodPod	Warr et al. (2011)
England	1998	80 menn (24,8 år) kadetter	76,1	15,3 ± 4	ELG	Ross & Walton (1998)
England	1998	18 kvinner (24,3 år) kadetter	64,1	24,9 ± 4	ELG	Ross & Walton (1998)
USA	1998	182 menn (21,8 ± 3,4 år) rekrutter	78,9 ± 12,8	18,7 ± 4,8	SKF	Sharp et al. (2002)
USA	1998	168 kvinner (21,4 ± 3,4 år) rekrutter	62,6 ± 9,8	29,3 ± 4,2	SKF	Sharp et al. (2002)

Tabell 4. Longitudinelle studier av kroppssammensetning hos militært personell

Land	År	Utvalg	Intervensjon	Vekt I (kg)	Fett % I	Vekt II (kg)	Fett % II	Test-metode	Referanse
Finland	2009	1003 menn (19,2 ± 1 år) førstegangstjeneste	6–12 måneder militærtjeneste	75,1 ± 13,7	16,7 ± 8,1	74,6 ± 11,4	15,6 ± 5,8	BIA (InBody 720)	Mikkola et al. (2009)
England	2005	11 menn (18 ± 1 år) rekrutter	3 måneder rekrutt trening	67,7 ± 5,8	11,8 ± 3,7	68,6 ± 6,3	10,7 ± 3,6	BIA (Bodystat)	Williams (2005)
Finland	2009	140 menn (19,8 ± 1,0 år) rekrutter	3 måneder rekruttskole	79,5 ± 15,6	22,6 ± 9,7	77,5	19,4	DXA	Mattila et al. (2009)
Finland	2012	57 menn (19,2 ± 0,9 år) rekrutter	4 måneder militærtjeneste	75,3 ± 12,2	10,4 ± 4,4	74,9 ± 10,1	9,3 ± 3,2	BIA (Inbody 720)	Santtila et al. (2012)
USA	1979	26 kvinner (17-21 år) kadetter	6 uker militær utdanning	57,7 ± 6,0	23,8 ± 4,0	57,7 ± 5,0	20,8 ± 3,5	SKF	Daniels et al. (1979)
Polen	2000	50 menn (19-22 år) rekrutter	18 måneder militærtjeneste	74,6 ± 7,8	15,0 ± 3,3	77,7 ± 5,7	13,1 ± 2,9	SKF	Faff & Korneta (2000)
Sør-Afrika	1986	93 menn (19,2 ± 3,2 år) førstegangstjeneste	1 år militærtjeneste	67,8 ± 9,5	13,6 ± 3,2	69,4 ± 10,3	13,8 ± 3,5	SKF	Gordon et al. (1986)
England	1999	68 menn (22,8 ± 1,4 år) kadetter	40 uker krigsskole	78,1 ± 9,0	11,7 ± 3,5	79,4 ± 9,2	9,2 ± 3,6	BIA (Bodystat)	Harwood et al. (1999)
England	1999	38 kvinner (23,4 ± 1,7 år) kadetter	40 uker krigsskole	66,6 ± 7,2	25,2 ± 4,9	67,1 ± 4,6	21,9 ± 3,8	BIA (Bodystat)	Harwood et al. (1999)
USA	2010	73 menn (24 ± 5 år) int. soldater	13 måneder Irak tjeneste	76,6 ± 10,2	18,9 ± 5,5	78,8 ± 10,6	19,9 ± 5,6	DXA	Lester et al. (2010)
USA	2007	50 menn (24,6 ± 4,4 år) spesialstyrke	8 uker ranger øvelse	78,4 ± 8,7	18,5	68,4 ± 7,0	8,8	DXA	Nindl et al. (2007)
USA	2008	110 menn (23,1 ± 4,7 år) infanteri soldater	9 måneder i Afghanistan	83,3 ± 14,7	17,7 ± 6,4	81,7 ± 13,2	19,5 ± 6,5	DXA	Sharp et al. (2008)

Referanser

- Aandstad A, Hageberg R, Sæther Ø, Nilsen RO. (2012). Change in anthropometrics and aerobic fitness in Air Force cadets during 3 years of academy studies. *Aviat Space Environ Med.* 83(1):35-41.
- Alvarez VP, Dixon JB, Strauss BJ, Laurie CP, Chason TB & Brien PE. (2007). Single frequency bioelectrical impedance is a poor method for determining fat mass in moderately obese women. *Obesity surgery.* 17; 211-21.
- Andreoli A, Melchiorri G, De Lorenzo A, Caruso I, Sinibaldi P & Guerrisi M. (2002) Bioelectrical impedance measures in different position and vs dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *J Sports Med Phys Fit.* 42: 186-9
- Andreoli A, Scalzo G, Masala S, Tarantino U & Guglielmi G. (2009). Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiol med.* 114: 286-300
- Aristizábal JC, Restrepo, MT & Amalia L. (2008). Validation by hydrodensitometry of skinfold thickness equations used for female body composition assessment (abstract). *Biomedica.* 28(3): 404-13
- Ball S, Swan PD & Altena TS. (2006). Skinfold Assesment: Accuracy and Application. *Messurement in physical education and exercise science.* 10(4): 255-54
- Baumgartner TA. *Norm-referenced measurement: reliability.* i: Safrit MJ & Wood TM, editors. (1989). *Measurement concepts in physical education and exercise science.* Human Kinetics. 45-72
- Bergsma-Kadijk JA, Baumeister B & Deurenberg P. (1996). Measurement of body fat in young and elderly women: comparison between a four-compartment modell and widely used reference methods. *Brit J Nutr.* 75: 649-57
- Biospace co. (2004) InBody 720 User's manual, 1996-2004. Hentet 25. feb. 2010 fra <http://www.bodyanalyse.no/Brosjyremateriell>
- Black A, Tilmont EM, Baer DJ, Rumpler WV, Ingram DK, Roth GS & Lane MA. (2001). Accuracy and precision og dual-energy X-ray absorptiometry for body composition measurements in rhesus monkeys. *J of Med Primat.* 30: 94-9
- Brozek J, Grande F, Anderson JT & Keys A. (1963). Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions (abstract). *Annals of the new York Academy of Sciences.* 110: 113-140
- Caton JR, Molé PA, Adams W & Heustis DS. (1988). Bodycomposition analysis by bioelectrical impedance: effects of skin temperature. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 20(5): 489-91
- Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB et al. (2002). Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *International Journal of Obesity.* 26: 1596-609
- Clasey JL, Kanaley JA, Wideman L, Heymsfield SB, Teases CD, Gutgesell ME et al. (1999). Validation of methods of body composition assessment in young abd older men and women. *J Appl Physiol.* 86(5): 1728-38
- Daniels WL, Kowal DM, Vogel JA, Stauffer RM. (1979). Physiological effects of a military training program on male and female cadets. *Aviat Space Environ Med.* 50(6):562-6.
- Dehghan M & Merchant AT. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal.* 7(26).

- Demerath EW, Guo SS, Chumlea WC Towne B, Roche AF & Siervogel RM. (2002). Comparison of percent body fat estimates using air displacement plethysmography and hydrodensitometry in adults and children. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 26(3): 389-97
- Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I & van der Koot K. (1988). Factors affecting bioelectrical impedance measurements in human. *Euro J Clin Nutr.* 42: 1017-22
- Dyrstad SM, Miller BW & Hallén J. (2007). Physical fitness, training volume, and self-determined motivation in soldiers during a peacekeeping mission. *Mil Med.* 172(2): 121-7
- Economos CD, Nelson ME, Fiatarone Singh MA, Kahayias JJ, Dallal GE, Heymsfield SB et al. (1999). Bone mineral measurements: a comparison of delayed gamma neutron activation, dual-energy X-ray absorptiometry and direct chemical analysis. *Osteopor Internat.* 10: 200-6
- Faff J, Korneta K. (2000). Changes in aerobic and anaerobic fitness in the Polish army paratroopers during their military service. *Aviat Space Environ Med.* 71(9): 920-4.
- Fakhrawi DH, Beeson L, Libanati C, Feleke D, Kim H, Quansah A & Darnell A. (2009). Comparison of body composition by bioelectrical impedance and dual-energy x-ray absorptiometry in overweight/obese postmenopausal women. *J Clin Densitom.* 12(2): 238-44
- Farage MA, Neill S & MacLean AB. Physiological changes associated with the menstrual cycle: a review. *Obstet Gynecol Surv.* 64(1): 58-72
- Fields DA & Goran MI. (2000). Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol.* 89: 613-20
- Fields DA, Goran MI, McCrory MA. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr.* 75(3): 453-67
- Fogelholm M, van Marken Lichtenbelt W. (1997). Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Euro J Clin Nutr.* 51: 495-503
- Fogelholm M, Sievänen H, Kukkonen-Harjula K, Oja P & Vuori I. (1993). Effects of meal and its electrolytes on bioelectrical impedance. *Human Body Comp.* 331-3
- Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 72 (3): 694-701
- Garby L, Lammert O & Nielsen E. (1990). Negligible effects of previous moderate physical activity and changes in environmental temperature on whole body electrical impedance. *Euro J Clin Nutr.* 44: 545-6
- Genton L, Hans D, Kyle UF & Pichard C. (2002). Dual-Energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition.* 18: 66-10,
- Gibson AL, Holmes JC, Desautels RL, Edmonds LB & Nuudi L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-components-model percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 87: 332-8
- Gorans MI, Toth MJ & Poehlman ET. (1998). Assessment of research-based body composition techniques in healthy elderly men and women using 4-compartment model as a criterion method. *Int J Obes.* 22: 135-42
- Gordon NF, Van Rensburg JP, Moolman J, Krüger PE, Russell HM, Grobler HC, Cilliers JF. (1986). The South African Defence Force physical training programme. Part I. Effect of 1 year's military training on endurance fitness. *S Afr Med J.* 69(8): 477-82.

- Gruber JJ, Pollock ML, Graves JE, Colvin AB & Braith RW. (1990). Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 61(2): 184-190
- Gualdi-Russo E & Toselli S. Influence of various factors on the measurement of multifrequency bioimpedance (abstract). *Homo*. 53: 1-16
- Harwood GE, Rayson MP, Nevill AM. (1999). Fitness, performance, and risk of injury in British Army officer cadets. *Mil Med*. 164(6): 428-34.
- Hayes PA, Sowood PJ, Belyavin A, Choen JB & Smith FW. (1988). Sub-cutaneous fat thickness measured by magnetic resonance imaging, ultrasound, and caliper. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 20(3): 303-9
- Heymsfield SB, Lichtman S, Baumgartner RN, Wang J, Kamen Y, Aliprantis A et al. (1989). Body composition of humans: comparison of two improved four-compartment models that differs in expense, technical complexity, and radiation exposure. *Am J Clin Nutr*. 52: 52-8
- Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z & Going SB, editors. (2005). *Human body composition. Second edition*. Human Kinetics
- Heyward VH & Wagner DR. (2004). *Applied Body Composition Assessment. Second edition*. Human Kinetics.
- Heyward VH. (2002). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. Fourth edition*. Human Kinetics.
- Hume P & Marfell-Jones M. (2008). The importance of accurate site location for skinfold measurement. *Journal of sports sciences*. 26(12): 1333-40
- Jackson A. (1984). Research design and analysis of data procedures for predicting body density. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 16(6): 616-22
- Jackson AS & Pollock ML. (1985). Practical assessment of body composition. *Phys Sports Med*. mai1985;13(5): 76-90
- Jackson AS, Pollock ML & Ward A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 12: 175-82
- Jaffrin MY. (2009). Body composition determination by bioimpedance: an update. *Clinical nutrition & metabolic care*. 12: 482-6
- Jensky-Skuires NE, Dieli-Conwright CM, Rossuello A, Erceg DN, McCauley S & Schroeder ET. (2008). Validation and reliability of body composition analysers in children and adults. *Brit J Nutr*. 100: 859-65
- Kaminsky LA & Whaley MH. (1993). Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance. *J Sports Med Phys Fitness*. 33: 172-7
- Kelly TL, Berget N & Richardson TL. (1998). DXA body composition: theory and practice. *Appl Radiat Isot*. 49: 511-3
- Kim J, Wang ZM, Heymsfield SB, Baumgartner RN & Gallagher D. (2002). Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *Am J Clin Nutr*. 76: 378-83
- Kremer MM, Latin RW, Berg KE, Stanek K. (1998) Validity of bioelectrical impedance analysis to measure body fat in Air Force members. *Mil Med*. 163(11):781-5
- Kushner RF, Gudivaka R & Schoeller DA. (1996). Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr*. 64: 423-7
- Laskey MA. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition (abstract). *Nutrition*. 12: 45-51

- Lester ME, Knapik JJ, Catrambone D, Antczak A, Sharp MA, Burrell L, Darakjy S. (2010). Effect of a 13-month deployment to Iraq on physical fitness and body composition. *Mil Med.* 175(6):417-23.
- Lintsi M, Kaarma H & Kull I. (2004). Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clin Physiol Funct Imaging.* 24: 85-90
- Lohman TG, Pollock ML, Slaughter MH, Brandon LJ & Boileau RA. (1984). Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 16: 92-6
- Lohman TG, Roche AF & Martorell R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual.* Human Kinetics Book.
- Lohman TG. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review. *Human Biology* 53: 181-225
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall, CB & Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol.* 60: 1327-32
- Lukaski HC. (1987). Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J of Clinic Nutr.* 46: 537-56
- Malavolti M, Mussi C, Poli M, Fantussi AL, Salvioli G, Battistini N & Bedogni G. (2003). Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy x-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-28 years. *Ann Hum Biol.* 30(4): 380-91
- Malina RM. (2007). Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clinics in sports medicine.* 26: 37-68
- Mattila VM, Tallroth K, Marttinen M, Ohrankammen O, Pihlajamaki H. (2009). DEXA body composition changes among 140 conscripts. *Int J Sports Med.* 30(5): 348-53.
- Mikkola I, Jokelainen JJ, Timonen MJ, Häkönen PK, Saastamoinen E, Laakso MA et al. (2009). Physical activity and body composition changes during military service. *Med Sci Sports Exerc.* 41(9): 1735-42
- Nichols J, Going S, Loftin M, Stewart M, Nowiciki E & Pickrel J. Comparison of bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls. *Int J Body Compos Res.* 4(4): 153-60
- Nichols J, Going S, Loftin M, Stewart M, Nowiciki E & Pickrel J. (2006). Comparison of bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls. *Int J Body Compos Res.* 4(4): 153-60
- Nindl BC, Barnes BR, Alemany JA, Frykman PN, Shippee RL, Friedl KE. (2007). Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc.* 39(8):1380-7.
- Norgan, NG. (2005). Laboratory and field measurements of body composition. *Pub Health Nutr.* 8(7a): 1108-22
- Perin F, Pittet JC, Schnebert S, Perrier P, Tranquart F & Beau P. (2000). Ultrasonic assessment of variations in thickness of subcutaneous fat during the normal menstrual cycle. *Eur J Ultrasound.* 11: 7-14
- Picaud JC, Rigo J, Nyamugabo K, Milet J & Senterre J. (1996). Evaluation of dual-energy X-ray absorptiometry for body-composition assessment in piglets and term human neonates (abstract). *Am J Clin Nutr.* 63: 157-63
- Pietrobelli A, Formica C, Wang Z & Heymsfield SB. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *Am J Physiol.* 271(6): 941-51

- Pietrobelli A, Wang Z, Formica C & Heymsfield SB. (1998). Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *Am J Physiol.* 274: E808-16
- RJL Systems. (2007). Quantum II & Quantum X bioelectrical impedance analyzers. Hentet 23. feb fra <http://www.rjlsystems.com/support/docs/>
- Ross RA, Walton A. (1998). Body composition and fitness of Royal naval officer cadets. *J Royal Naval Medical Service.* 84(3): 156-159
- Rössner S. Overvekt og fedme. I Bahr. R. (2008). *Aktivitetshåndboken, Fysisk aktivitet i forebygging og behandling.* Helsedir. 466-83
- Santtila M, Häkkinen K, Nindl BC, Kyröläinen H. (2012). Cardiovascular and neuromuscular performance responses induced by 8 weeks of basic training followed by 8 weeks of specialized military training. *J Strength Cond Res.* 26(3):745-51.
- Sharp MA, Knapik JJ, Walker LA, Burrell L, Frykman PN, Darakjy SS, Lester ME, Marin RE. (2008). Physical fitness and body composition after a 9-month deployment to Afghanistan. *Med Sci Sports Exerc.* 40(9): 1687-92.
- Sharp MA, Patton JF, Knapik JJ, Hauret K, Mello RP, Ito M, Frykman PN. (2002). Comparison of the physical fitness of men and women entering the U.S. Army: 1978-1998. *Med Sci Sports Exerc.* 34(2): 356-63.
- Säfenbom R, Aandstad A, Skjetne K, Nilsen R, & Innselset S. (2007). *Prosjektbeskrivelse kadettutviklingsstudiein 2007 – 2011.* Norges idrettshøgskole, Forsvarets institutt.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD & Bemen DA. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology* 60: 709-23
- Slinde F & Rossender-Hulthén. (2001). Bioelectrical impedance: effects of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *Am J Clin Nutr.* 74: 474-8
- Svendsen OL, Haarbo J, Hassager C & Christiansen C. (1993). Accuracy of measurement of total-body soft-tissue composition by dual energy X-ray absorptiometry in vivo. *Am J Clin Nutr.* 57: 605-8
- Thomas JR, Nelson JK & Silverman SJ. (2005). *Research methods in physical activity. Fifth edition.* Human Kinetics.
- Thomson R, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M & Clifton PM. (2007). Good agreement between bioelectrical impedance and dual-energy x-ray absorptiometry for estimating changes in body composition during weight loss in overweight young women. *Clin Nutr.* 26(6): 771-7
- Thorland WG, Tipton CM, Lohman TG, Bowers RW, Housh TJ, Johnson GO et al. (1991). Midwest wrestling study: Prediction of minimal weight for high school wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 23: 1102-10
- Tjelta LI & Enoksen E (red). (2004). *Utholdenhetstrening: løping, sykling, langrenn.* Høyskoleforlaget.
- Utter AC & Hager ME. (2008). *Evaluation of ultrasound in assessing body composition of high school wrestlers.* Med Sci Sports Exerc. 40(5): 943-9.
- Vincent WJ. (2005). *Statistics in kinesiology. third edition.* Human Kinetics.
- Völgyi E, Tyalavsky F. A. Lyytikäinen A. Suominen H. Alén M. & Cheng S. (2008). Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects og obesity, physical activity, and age. *Obesity.* 16: 700-5

- Wagner DR & Heyward VH. (1999). Techniques of Body Composition Assessment: A Review of Laboratory and Field Methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 70(2): 135-49
- Wagner DR & Heyward VH. (2001). Validity of two-component models for estimating body fat of black men. *J Appl Physiol*. 90: 649-56
- Williams AG. (2005). Effects of basic training in the British Army on regular and reserve army personnel. *J Strength Cond Res*. 19(2): 254-9.
- Warr BJ, Alvar BA, Dodd DJ, Heumann KJ, Mitros MR, Keating CJ, Swan PD. (2011). How do they compare?: an assessment of predeployment fitness in the Arizona National Guard. *J Strength Cond Res*. 25(11): 2955-62
- Wells JCK & Fewtrell MS. (2006). Measuring body composition. *Arcd dis child*. 91(7): 612-17
- Woodrow G. (2009). Body composition analysis techniques in the aged adults: indicators and limitations. *Clinical nutrition & metabolic care*. 12(1): 8-14
- Wu YT, Nielsen DH, Cassady SL, Cook JS, Janz KF & Hansen JR. (1993). Cross-validation of bioelectrical impedance analysis of body composition in children and adolescents. *Phys Ther*. 73(5): 320-8



■ Acknowledgements ■



THE NORWEGIAN DEFENCE UNIVERSITY COLLEGE



NORWEGIAN SCHOOL OF SPORT SCIENCES
Defence institute



■ The Norwegian School of Sport Sciences/ Defence Institute (NSSS/DI) ■

The Norwegian School of Sport Sciences Defence Institute has been a subdivision of the Norwegian Defence University College (NDUC) since 2001, but is located at the Norwegian School of Sport Sciences (NSSS) where it has been an integrated partner since its (NSSS) origin in 1968. Being situated within the university college society, the Defence Institute conducts its professional activities in accordance with recognized scientific, pedagogical and ethical principles (pursuant to the Act pertaining to Universities and University Colleges, Section 1-5). Its main field of interest is in connection to the training, performance and cultural aspects within military contexts in which the aim is to develop applicable soldiers and military units.

Director: Lieutenant Colonel Steinar Høgseth

Moving Soldiers – Soldaten i bevegelse is an institute series that aims to provide an arena for interdisciplinary thinking and debate within the fields of interest of the Norwegian School of Sport Sciences Defence Institute. As such, target groups of the series are primarily military leaders and civilian scholars interested in the development of military capability and the performance of soldiers and their units in an ever changing world. Moving Soldiers will be published three to six times a year. The series is primarily based on Norwegian contributions, but will be published in English whenever the topic being addressed is of interest to a more international audience. The series is also open to contributions from authors other than those affiliated with the Defence Institute. All views expressed in Moving Soldiers are those of the authors, thus the content may not necessarily coincide with the views of the Norwegian School of Sport Sciences Defence Institute.

Editor: Major Anders McD Sookermany

Moving Soldiers is an institute series that aims to provide an arena for interdisciplinary thinking and debate on relevant issues related to the development of soldiers and their military units. The series is published by the Norwegian School of Sport Sciences Defence Institute.

02
2012

I denne utgaven av Moving Soldiers vil temaet kroppssammensetning i en militær kontekst sees nærmere på. Kristian Holtberget leverte i 2010 sin masteroppgave ved NIH som omhandlet validitet og reliabilitet ved målemetoder for kroppssammensetning. Denne utgaven av MS er basert på Holtbergets masteroppgave, men i en revidert form.

