

Kristian Holtberget

Validering av måleinstrumenter for kroppssammensetning

Validitet og reliabilitet for bioelektrisk impedans analyse og hudfoldsmål for måling av kroppssammensetning hos militært personell

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for idrettsmedisinske fag
Norges idrettshøgskole, 2010

I. Sammendrag

Formål: Formålet med denne studien var å undersøke reliabilitet og validitet til to bioimpedansinstrumenter (RJL Quantum II og InBody 720) og tre ulike metoder med utgangspunkt i hudfoldsmål, for måling av kroppssammensetning hos norske kadetter og vernepliktige soldater. **Metode:** Totalt 65 forsøkspersoner ($21,9 \pm 2,7$ år) ble inkludert i studien, hvorav 39 var menn og 26 var kvinner. Utvalget bestod av 45 kadetter fra Luftkrigsskolen (LKSK) i Trondheim, samt sju befal/ansatte og 13 vernepliktige soldater på Ørlandet hovedflystasjon (ØHF). Måling med de ulike instrumentene ble gjennomført med anbefalte standardiserte testprosedyrer, over tre påfølgende dager. Det ble gjennomførte to målinger med hver av målemetodene, på samtlige forsøkspersoner, for å undersøke reliabilitet. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) ble brukt som referansemethode for valideringsundersøkelser. **Resultater:** Det var ikke signifikant forskjell på test – retest resultater for BIA metodene. Det var signifikant forskjell på test – retest resultatene med $-0,4\%$ til $-0,6\%$ for hudfoldsmetodene. Fettprosent beregnet med RJL Quantum II Weight Manager formel og hudfoldsmetoden M-3/K-3 var ikke signifikant forskjellig fra fettprosent beregnet med DXA. For menn underestimerte InBody 720 og hudfoldsmetodene M-1 og M-2 fettprosent, mens RJL Quantum II NHANES-III formel overestimerte. For kvinner underestimerte InBody 720 fettprosent, mens RJL Quantum II NHANES-III formel overestimerte. **Konklusjon:** Fettprosent beregnet med RJL Quantum II Weight Manager formel gir reliable og valide resultater for norske kadetter og vernepliktige soldater sammenliknet med DXA. Begge BIA metodene viser god reproducerbarhet ved standardisert forberedelse før test. Hudfoldsmetoden er i større grad påvirkbar av testleder, men i mindre grad avhengig av standardiserte forberedelser før test, sammenliknet med BIA metoden. Derfor er hudfoldsmåling også en hensiktsmessig metode i enkelte militære sammenhenger.

Nøkkelord: fettprosent, kroppssammensetning, bioelektrisk impedans, hudfoldsmål, dual-energy X-ray absorptiometry, reliabilitet, validitet.

II. Forord

Arbeidet med dette masterprosjektet har vært utfordrende og veldig lærerikt. Jeg er takknemlig for at jeg har fått tatt del i planlegging, datainnsamling og databehandling i tillegg til skriveprosessen.

Først vil jeg rette en stor takk til min veileder, stipendiat Anders Aandstad ved NIH/F, for god veiledning gjennom hele prosessen. Tusen takk for at du villig har delt med kunnskap og erfaringer underveis i prosjektet og for konstruktive tilbakemeldinger under skriveprosessen.

Professor Jorunn Sundgot-Borgen har vært bi-veileder og en god faglig støtte gjennom hele prosjektet, tusen takk til deg.

Takk til Forsvarets institutt ved Norges idrettshøgskole som helhet, for finansiering og tilrettelegging. Jeg har følt at flere har vært interessert i resultatene av denne oppgaven, noe som har vært en viktig motivasjonskilde.

Jeg vil også takke kadetter og ansatte på Luftkriksskolen, og vernepliktige, befal og ansatte på Ørland hovedflystasjon. Dere har vært utrolig samarbeidsvillige gjennom planleggingen og datainnsamlingsprosessen.

Tusen takk til de ansatte ved Norges idrettshøgskoles bibliotek for hjelp med litteratur.

Kristian Holtberget

Oslo, mai 2010

III. Begrepsavklaring

Fettprosent	Kroppens fettmasse i forhold til kroppsvekten. Fettmasse inkluderer alle former for kropps fett. 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 ofte kroppens sammensetning av fettfri masse og fettmasse. Begrepet kroppssammensetning forklares i detalj i teorikapittelet.
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.

IV. 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)
FFM	Fettfri masse
FM	Fettmasse
$\text{g}\cdot\text{cc}^{-1}$	Mål på tetthet. (Gram / kubikkcentimeter)
ICW	Intracellulært vann (vann i cellene)
SKF	Skinfolds (hudfolder)
TBW	Total Body Water (Totalt kroppsvann, ICW + ECW)
UWW	Underwater weighing (undervannsveiing)

V. Innhold

I. Sammendrag	I
II. Forord	II
III. Begrepsavklaring	III
IV. Forkortelser	IV
V. Innhold	V
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Relasjon til "Kadettutviklingsstudien 2007- 2011"	2
1.3 Målet med studien og problemstilling	3
2 Teori	4
2.1 Kroppssammensetning - nivå og modeller	4
2.2 Kroppssammensetning - metoder, validitet og reliabilitet	6
2.2.1 Hydrodensitometry (Undervannsveing)	7
2.2.2 Air displacement plethysmography (ADP)	8
2.2.3 Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)	10
2.2.4 Bioelektrisk impedans analyse (BIA)	12
2.2.5 Hudfoldsmål	16
2.2.6 Beregning av fettprosent med utgangspunkt i kroppens tetthet	20
3 Metode	21
3.1 Design	21
3.2 Utvalg	21
3.3 Etikk	22
3.4 Planlegging og gjennomføring	22
3.4.1 Planleggingsfasen	22
3.4.2 Gjennomføring av datainnsamling og standardisering	23
3.5 Målemetoder	25
3.5.1 Høyde og vekt	25
3.5.2 Bioimpedans (RJL Quantum II)	26
3.5.3 Bioimpedans (InBody 720)	27
3.5.4 Hudfoldsmåling (Harpenden kaliper)	28
3.5.5 DXA måling	30
3.6 Statistikk og analysemetoder	30
4 Resultater	31
4.1 Deskriptive data for vekt, høyde og BMI	31
4.1.1 Deskriptive data RJL Quantum II	31
4.1.2 Deskriptive data InBody 720	32
4.1.3 Deskriptive data hudfoldsmål	32
4.1.4 Deskriptive data DXA	34
4.2 Reliabilitet	35
4.3 Validitet	37

5 Diskusjon.....	41
5.1 Metodediskusjon	42
5.1.1 Utvalg	42
5.1.2 DXA som ”gullstandard”?	43
5.1.3 Standardisering av forberedelser og datainnsamlingen	45
5.1.4 Statistisk analyse	49
5.2 Resultatdiskusjon	51
5.2.1 Dual-energy X-ray absorptiometry.....	51
5.2.2 RJL Systems, Quantum II.....	51
5.2.3 InBody 720.....	53
5.2.4 Hudfoldsmål.....	54
5.3 Anbefalinger for måling i militær sammenheng	56
6 Konklusjon.....	58
VI. Referanser.....	59
VII. Tabelloversikt.....	66
VIII. Figuroversikt.....	67
IX. Vedlegg	68

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Informasjon om menneskekroppen i form av antropometri, vekt og kroppssammensetning har en sentral posisjon i bestemmelse av en persons helsetilstand og blir universelt brukt som helsemål (Hume og Marfell-Jones, 2008). Bodymass index (BMI; vekt i kilogram delt på høyde i meter opphøyd i andre) forteller oss om forholdet mellom høyde og vekt og blir brukt for å klassifisere individer som enten undervektige ($< 18 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), normal vektige ($18,5 - 24,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), overvektige ($25 - 29,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), fete klasse I ($30 - 34,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), fete klasse II ($35 - 39,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), eller fete klasse III ($> 40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (WHO i Rössner, 2008). Bodymass index er mye brukt på grunn av at den er ukomplisert og korrelerer relativt godt med fedme (Völgyi et al, 2008). Begrensninger knyttet til BMI dreier seg i hovedsak om at metoden ikke gir informasjon om forholdet mellom fettmasse (FM) og fettfri masse (FFM). Dette kan føre til feilklassifisering av personer med spesielt mye eller spesielt lite FFM.

Kroppssammensetning er en viktig variabel i en persons helse- og treningsprofil. Stor andel FM er assosiert med en rekke livsstilssykdommer som hjerte- karsykdom, høyt blodtrykk, diabetes mellitus type 2 og enkelte former av kreft (Heyward, 2002). For lite FM er også assosiert med helserisiko fordi kroppen trenger en viss mengde fett for å opprettholde enkelte fysiologiske funksjoner (Heyward, 2002). Vedlikehold av FFM ved vektreduksjon er assosiert med opprettholdelse av ”ny” vekt over tid (Rössner, 2008). En stor andel FFM i forhold til FM vil også være assosiert med god prestasjon i flere idretter, spesielt der man skal forflytte egen kropp (Tjelta og Enoksen, 2004 og Malina, 2007). Med disse utgangspunktene vil det være nyttig å kunne måle kroppssammensetning og FM i en rekke ulike sammenhenger.

Det er etablert en rekke metoder for å måle en persons kroppssammensetning, men flere av disse har begrensninger med tanke på både praktisk gjennomføring og validitet (Alvarez et al, 2007). I tillegg er det slik at en bestemt metode kan gi god validitet for et utvalg mens den samme metoden gir dårlig validitet for et annet utvalg (Heyward og Wagner, 2004). I forskningssammenheng er det hensiktsmessig om validiteten til en

metode er testet ut på et representativt utvalg i forhold til det utvalget som selve studien skal gjennomføres på. Den overordnede hensikten med denne studien er å teste validiteten på et utvalg som er representativt for norske krigsskolekadetter og vernepliktige soldater.

1.2 Relasjon til "Kadettutviklingsstudien 2007- 2011"

"Kadettutviklingsstudien" er et samarbeidsprosjekt mellom Krigsskolen (KS), Sjøkrigsskolen (SKSK), Luftkrigsskolen (LKSK) og Norges idrettshøgskole, Forsvarets institutt (NIH/F). Studiens forskningsmål er å analysere verdien av faget fysisk fostring isolert og faget som en integrert del av den totale utdanningen (Säfenbom et al, 2007). Med dette menes blant annet å beskrive endringer i fysisk form gjennom kadettens studietid. Som mål på antropometri brukes BMI, og fettprosent gjort med bioimpedansmålingen RJA Quantum II (RJA systems, Clinton Township, MI, USA).

Både i Kadettutviklingsstudien og i andre prosjekter ved NIH/F har bioimpedansmålinger blitt gjennomført for å måle kroppssammensetning. Validiteten på denne type målinger er usikker, og det ble derfor bestemt å utvide kadettutviklingsstudien med et delprosjekt med formål å måle validitet og reproducerbarhet på målinger gjort med RJA Quantum II. En mer avansert bioimpedansmåler (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) og fettprosent beregnet fra hudfoldsmåling gjort med hudfoldskaliper ble inkludert for reliabilitet- og validitetsvurdering med tanke på eventuelt bruk i fremtidig forskning på militært personell. 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). Hvorvidt denne vektendringen også gjenspeiler en endring i kroppssammensetning er imidlertid ikke alltid like lett å vurdere, ettersom de nevnte målemetodene for kroppssammensetning for militært personell ikke er validert.

1.3 Målet med studien og problemstilling

Målet med denne studien blir dermed å undersøke validitet og reliabilitet til to bioimpedansmetoder (RJL Quantum II og InBody 720) og tre ulike formler for estimering av fettprosent fra hudfoldsmål. Vi søker dermed å undersøke nøyaktigheten av målinger gjort med RJL Quantum II blant kadetter og med hvilken nøyaktighet man kan tolke resultatene fra RJL Quantum II, InBody 720 og kaliper i fremtidig forskning og datainnsamling på militært personell.

Studien søker dermed å besvare følgende problemstilling:

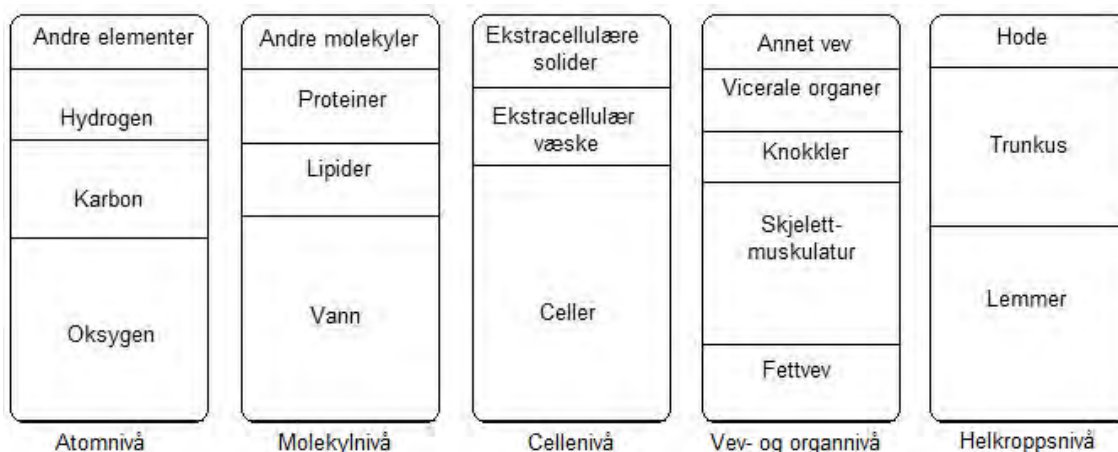
”Gir måling av bioimpedans med instrumentene RJL Quantum II og InBody 720, samt måling av hudfoldstykkelse med Harpenden kaliper, valide og reliable mål på kroppssammensetning i form av fettprosent hos norske krigsskolekadetter og vernepliktige soldater?”

2 Teori

I dette kapitlet vil jeg gjøre rede for en grunnleggende modell for nivåer av kroppssammensetning. Jeg vil også beskrive det teoretiske grunnlaget bak de vanligste metodene for å måle kroppssammensetning, inkludert metodene som er brukt i denne studien. Her vil også validitets og reliabilitets undersøkelser fra tidligere studier presenteres. Flere av metodene som benyttes for måling av kroppssammensetning er designet for å gi resultat på kroppens tetthet og ikke, i første omgang, sammensetningen av FFM og FM. I siste del av kapitlet beskrives derfor metoder for å beregne fettprosent med utgangspunkt i kroppens tetthet.

2.1 Kroppssammensetning - nivå og modeller

For å forstå vitenskapen rundt kroppssammensetning bedre, vil det være gunstig å kjenne til de grunnleggende teoretiske modellene som underbygger måle metodene for kroppssammensetning. 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 2.1)



Figur 2.1: 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 $0,901 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$.
2. Tettheten til FFM er $1,100 \text{ g}\cdot\text{cc}^{-1}$.
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 undervannsveeing, 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 2.1. 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 skjelettmuskulatur, beinvev, viscerale organer og fettvev (se figur 2.1). 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).

2.2 Kroppssammensetning - metoder, validitet og reliabilitet

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 referansemetoder. Disse metodene er ofte omfattende, dyre og vanskelig å ta med seg ut i felten. Eksempler på laboratorium-metoder er undervannsveiging, air displacement plethysmography (ADP) og DXA. 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 jeg gjøre rede for de vanligste metodene for å måle en persons kroppssammensetning på molekylnivå. Gjennomgangen inkluderer en forenklet forklaring av metodenes teorigrunnlag og hvordan de gjennomføres, samt hva tidligere studier sier om validitet og reliabilitet for de ulike metodene/instrumentene.

2.2.1 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 2.2.6).

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

vekttap under vann, er direkte proporsjonalt med volumet og vekten til vannet som blir ”forflyttet” (Heyward og Wagner, 2004). 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 Heimsfield 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 ”gullstandarden” når andre metoder for måling av kroppssammensetning skal evalueres (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.

2.2.2 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 BD. 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 P_1 og V_1 representerer et paret forhold mellom trykk og volum, og P_2 og V_2 et annet paret forhold. P_1 og V_1 kan være trykk og volum i kammeret når det er tomt, og P_2 og V_2 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 volum forandringer 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 og medarbeidere (2005) eller Heyward og Wagner (2004).

Validitet og reliabilitet

To oversiktsartikler har gjennomgått reliabilitets- og valideringsstudier for Bod Pod (Demarat 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 reproduserbarhet. For eksempel gav 20

påfølgende målinger av en aluminiumsyylinder (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).

2.2.3 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,

* Foton = elementærpartikkel i lysstråling, enhet for strålingsenergikvantum.

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 lavenergi strålingen relativt til svekkingen av høyenergi strålingen. Pietrobelli og medarbeidere (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 grunnlag 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).

Validitet og reliabilitet

Reliabilitet og validitet for DXA måling, samt argumentasjon for bruk av DXA som "gullstandard" blir tatt opp i diskusjonskapittelet (5.1.2). Kort oppsummert kan en si at Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) generelt vurderes som en nøyaktig og anerkjent metode for å måle beinmasse og kroppssammensetning (Andreoli, 2002 og Gibson, 2008) og at DXA blir brukt som "gullstandard" for mål av kroppssammensetning i en rekke valideringsstudier (Norgan, 2005).

2.2.4 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 $\text{impedance}^2 = \text{resistance}^2 + \text{reactance}^2$, eller $\text{impedance} = \sqrt{(\text{resistance}^2 + \text{reactance}^2)}$. 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 enkelhetsskyld kan man dele inn i singelfrekvensmodeller og multifrekvensmodeller. En singelfrekvensmodell sender én frekvens, som ofte er 50 kHz, for å måle impedansen. *RJL 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. I vår studie har vi brukt RJL Quantum II (RJL systems, Clinton Township, MI, USA) for singelfrekvens BIA målinger. RJL 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 (LeanBody Software, RJL Systems, Clinton Township, MI, USA) som beregner personens kroppssammensetning.

Et multifrekvensinstrument 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 ~ 250-500 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. I vår studie er InBody 720 (Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) brukt for multifrekvens BIA

målinger. InBody 720 er et stående, multifrekvens, taktilt bioimpedansinstrument. Denne maskinen bruker 4 par med elektroder montert i maskinens håndtak (hånd og tommel) og gulvplate (under for- og bakfot/hel). Dermed kan InBody 720 kombinere overkropps-, underkropps- og helkropps 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 μA sendes fra elektrodene ved høyre hånd til elektrodene ved høyre fot. Fall i strømtilførsel til registrerende elektrode registreres og deles på 250 μA 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 μA . 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).

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 og medarbeidere (1993) målte fettprosent med singelfrekvens BIA (RJL) og UWW på 47 unge menn og kvinner med gjennomsnittsalder 12,1 år ($SD=2,3$).

Reproduserbarhet 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 understimeringen på gjennomsnittlig 0,1 kg. Forfatterne konkluderte med at fettprosent målt med RJL er reliabel og valid sammenliknet med UWW.

I 2006 publiserte Nichols og medarbeidere 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 og medarbeidere (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 $33,1 \pm 5,7$ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Korrelasjon (uttrykt som Pearson r) mellom DXA og RJL for fettmasse og fettfrimasse var henholdsvis 0,98 og 0,93 ($p > 0,01$). De to metodene for fettprosentmål viste en gjennomsnittlig forskjell $\pm 95\%$ *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 Völgyi og medarbeidere (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. Reproduerbarheten 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 og medarbeidere (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 og medarbeidere (1989). Gibson og medarbeidere 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 referansemotoden.

2.2.5 Hudfoldsmål

Måleprinsipp 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 og medarbeidere (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 plastikkalipere 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 ($\sim 10\text{g/mm}^2$) 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.

Videre vil jeg gi en kort introduksjon til formlene brukt for å beregne BD og fettprosent fra SKF i vår studie.

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.

I denne studien har vi valgt å inkludere en formel basert på summen av tre SKF fra Lohman (1981), modifisert av Thorland (1991). Denne en anbefalt for bruk på unge mannlige idrettsutøvere (Heyward og Wagner, 2004). For kvinner valgte vi en formel basert på summen av 2 SKF som er hentet fra Slaughter og medarbeidere (1988). Denne formelen anbefalt for unge mennesker der summen av triceps og scapula hudfoldene er < 35 mm. (Heyward og Wagner, 2004).

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 reproduserbarhet 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. Studer 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 og medarbeidere blant annet hudfoldsmetoden mot UWW for å måle kroppssammensetning. Gjennomsnittet av flere studier antydte av fettprosent beregnet med formelen fra Jackson og medarbeidere (1978 og 1980) underestimerte fettprosent i forhold til UWW ($-4,6 \pm 3,0 \% (\pm SD)$).

2.2.6 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 og medarbeidere 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 og medarbeideres 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 og medarbeidere (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 og medarbeidere 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).

3 Metode

I dette kapittelet vil jeg gjøre rede for prosjektplanlegging og datainnsamling. Jeg vil beskrive prosedyre for de ulike måle metodene, beregninger av fettprosent og statistiske analysemetoder.

3.1 Design

Dette er en metodestudie, med hensikt å måle reliabilitet og validitet til ulike metoder for kroppssammensetningsanalyse. Første og siste måling for hver av forsøkspersonene ble gjennomført innenfor tre dager. Total varighet på datainnsamlingsperioden var 11 dager fra første til siste måling. Designet faller under kategorien korrelasjonsstudie ved at det grunnleggende ved studien omhandler å undersøke forholdet mellom to eller flere variabler fra samme forsøksperson (Thomas, Nelson, Silverman, 2005). I denne studien representerer de ulike variablene forskjellige metoder med hensikt å måle det samme, nemlig kroppssammensetning.

3.2 Utvalg

Totalt 65 forsøkspersoner ($21,9 \pm 2,7$ år) ble inkludert i studien, hvorav 39 var menn og 26 var kvinner. Utvalget bestod av 45 kadetter fra Luftkrigsskolen (LKSK) i Trondheim, samt sju befal/ansatte og 13 vernepliktige soldater på Ørlandet hovedflystasjon (ØHF), se tabell 3.1.

Tabell 3.1: Utvalgets fordeling med tanke på kjønn og tjenestested.

	Menn	Kvinner
Luftkrigsskolen (N)	39	6
Alder (år)	($22,2 \pm 1,9$)	($21,8 \pm 1,9$)
Ørlandet hovedflystasjon (N)	0	20
Alder (år)		($21,2 \pm 4,0$)
Totalt (N)	39	26
Alder (år)	($22,2 \pm 1,9$)	($21,4 \pm 3,6$)

Inklusjons og eksklusjonskriterier er gjengitt i tabell 3.2. Ingen av de 65 forsøkspersonene ble ekskludert fra studien

Tabell 3.2: Inklusjon og eksklusjonskriteriene for deltakelse i studien, på skole og tjenestested

	LKSK	ØHF
Inklusjonskriterier	<ul style="list-style-type: none"> - Kadett på første klassetrinn - 18 – 35 år 	<ul style="list-style-type: none"> - Kvinne - Vernepliktig eller befal/ansatt - 18 – 35 år
Eksklusjonskriterier	<ul style="list-style-type: none"> - Sykdom, skade eller helsetilstand som kunne påvirke testresultatene - Brudd på betingelser for faste, trening og inntak av alkohol, snus røyk eller kaffe - Graviditet 	

3.3 Etikk

Prosjektet ble godkjent av Regional komité for medisinsk forskningsetikk (sør-øst) (se vedlegg 1) og meldt inn til Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD) (se vedlegg 2).

I studien fulgte vi retningslinjer gitt i Helsinki-deklarasjonen, blant annet ved at vi fulgte prinsippet om frivillig deltagelse, innhenting av informert skriftlig samtykke (vedlegg 3), og at forsøkspersonene hadde rett til å trekke seg fra studien når som helst og uten nærmere årsaksforklaring.

3.4 Planlegging og gjennomføring

3.4.1 Planleggingsfasen

I januar 2009 tok vi kontakt med idrettsansvarlige ved LKSK og ØHF med forespørsel om deres muligheter for å være behjelpelig med forsøkspersoner for gjennomføring av studien. Deretter, i mai 2009, besøkte vi personellansvarlige ved LKSK og ØHF for å informere om studien og forslag til gjennomføring. Tidspunkt og praktisk gjennomføring av datainnsamlingen ble koordinert mellom prosjektkoordinator ved Norges idrettshøgskole/ Forsvarets institutt (NIH/F), involverte idrettsoffiserer, studiekoordinator ved LKSK og troppssjefer ved ØHF.

I mai 2009 ble det sendt søknad om studiegodkjenning til henholdsvis Regional komité for medisinsk forskningsetikk (sør-øst) og Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (NSD).

I august 2009, ca en uke før datainnsamlingen startet gjennomførte vi et informasjonsmøte med kadettene og vernepliktige/befal/ansatte der samtykkeskjema ble samlet inn. Det ble gjennomført informasjonsmøte på LKSK og ØHF med én ukes mellomrom. Dagen før testingen startet ble informasjon om studien og rutinene rundt faste, trening, tobakk, alkohol og kaffe repetert for forsøkspersonene.

3.4.2 Gjennomføring av datainnsamling og standardisering

Luftkrigsskolen

På luftkrigsskolen gjennomførte vi de fysiske målingene i løpet av tre påfølgende ukedager. Ved å starte de første målingene på tirsdag morgen oppnådde vi at de siste 24 timene før første og siste test, for hver av forsøkspersonene, var relativt like i forhold til fysisk aktivitet og ernæring. Et annet argument for å starte på tirsdag var at vi reduserte sjansene for påvirkning av eventuell individuelt varierende aktivitet i helgen. Vi gjennomførte alle testene på morgenene og var alltid ferdig til lunsj kl 12.00. Forsøkspersonene møtte opp fastende (≥ 10 timer), uten å ha trent hardt siste 10 timer og uten inntak av røyk, snus eller kaffe siste to timer. Matinntak, trening, snus, røyk, kaffe og eventuelt inntak av alkohol registrerte vi med et enkelt spørreskjema før testing for å avdekke eventuelle avvik.

Før testingen registrerte vi om de kvinnelige forsøkspersonene var i menstruerende fase av menstruasjonssyklusen. Av de seks kvinnelige forsøkspersonene fra LKSK var det én som fikk menstruasjon etter den første av tre testdager. Data fra denne personen ble likevel inkludert i studien.

Gjennomsnittlig temperatur ved test og retest var henholdsvis 19,3 °C (Range = 18,8-19,9 °C) og 19,7 °C (Range = 19,2-20,0 °C). Gjennomsnittlig luftfuktighet ved test og retest var henholdsvis 53,7 % (Range = 52-64 %) og 57,4 % (Range = 54-60 %).

Temperatur og luftfuktighet ble målt med en digital værstasjon (Pro digital weather

station, modell WSR-89). Temperatur og luftfuktighet ble ikke målt ved DXA målingene.

På første testdag gjennomførte halvparten av kadettene ($n = 23$) Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) måling på St Olavs hospital, mens de resterende kadettene ($n = 22$) gjennomførte RJL Quantum II, InBody 720 og hudfoldsmåling i nevnt rekkefølge. Testdag nummer to bestod av målinger med RJL Quantum II, InBody 720 og hudfoldsmåling for alle forsøkspersonene ($n = 45$). Siste testdag gjorde forsøkspersonene motsatt av første testdag.

Målingene ble gjennomført av fire testledere der én var ansvarlig for høyde, vekt og begge bioimpedansinstrumentene, én for oppmerking av målepunktene for hudfoldsmål, én for selve hudfoldsmålingene og én for transport til og fra sykehus for DXA målingene, samt overvåkning av at avtalt testprosedyre ble fulgt. Samme testleder gjennomførte samme type målinger gjennom hele datainnsamlingsperioden.

Ingen forsøkspersoner fikk tilbakemeldinger på noen av testene underveis. Vi returnerte derimot etter fire uker og alle individuelle resultater samt forklaringer ble da presentert for deltakerne.

Ørland hovedflystasjon

For forsøkspersonene fra Ørland hovedflystasjon bestod første testdag av DXA målingene. Forsøkspersonene ($n = 17$) ble transportert fra ØHF til St. Olavs hospital for gjennomføring av disse målingene. Andre testdag bestod av RJL Quantum II, InBody 720 og hudfoldsmålinger i nevnt rekkefølge ($n = 20$). Tredje testdag bestod av de samme testene som testdag to ($n = 20$). Etter dette gjennomførte de resterende tre forsøkspersonene fra tirsdagen DXA måling på St. Olavs hospital. Alle forsøkspersonene var ferdig testet til lunsj også denne dagen.

Praktisk gjennomføring av alle testene, inkludert registrering av matinntak, fysisk aktivitet, kaffe, snus, røyk, menstruasjon samt registrering av temperatur og luftfuktighet, ble gjennomført med samme prosedyre som for kadettene på LKSK (beskrevet over).

Av de 20 Kvinnelige forsøkspersonene fra ØHF var det fire som hadde menstruasjon under datainnsamlingen; én som avsluttet menstruasjon etter første testdag, én som

avsluttet etter andre testdag, én som hadde gjennom alle tre dagene og én som fikk mellom andre og tredje testdag. Alle disse kvinnene er inkludert i datamaterialet.

Under måling med RJL Quantum II, InBody 720 og Harpenden kaliper var gjennomsnittlig temperatur ved test og retest henholdsvis 20,1 °C (Range = 19,0-20,9 °C) og 20,2 °C (Range = 19,4-21,1 °C). Gjennomsnittlig luftfuktighet ved test og retest var henholdsvis 61,8 % (Range = 61-62 %) og 54,3 % (Range = 54-55 %).

Gjennomføringen av datainnsamlingen på ØHF ble for øvrig gjennomført på samme måte som ved LKSK og med de samme testlederne. Testledernes ansvarsområder var også de samme som ved datainnsamlingen på LKSK.

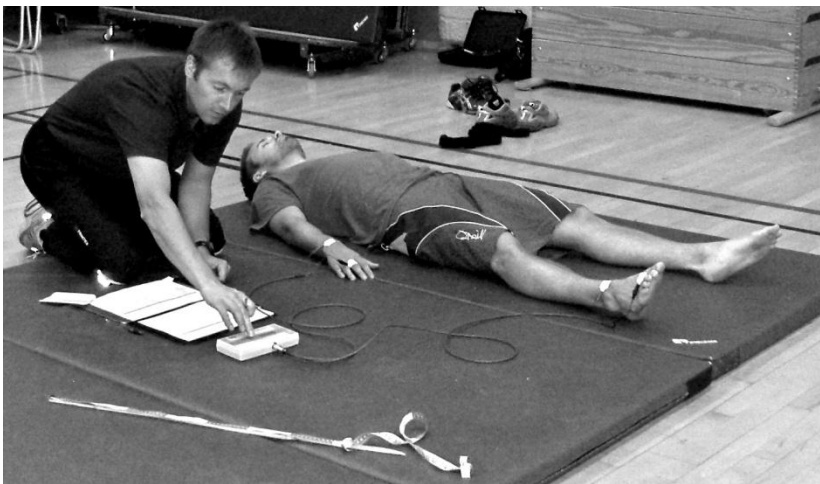
3.5 Målemetoder

3.5.1 Høyde og vekt

Vi målte vekt og høyde på en Seca vekt (Modell 708, Seca Corp., Colombia). Før første måling kalibrerte vi vekten ved å veie standardvekter på 25, 50 og 75 kg. Vekt og høyde på forsøkspersonene ble målt uten sko og sokker og med standardisert treningsantrekk (shorts og t-shirt). Høyde ble avrunnet til nærmeste 0,5 cm. Kroppsvekt ble registrert med 0,1 kg nøyaktighet. På vekten trakk vi fra 0,3 kg for å kompensere for lett treningsantrekk.

3.5.2 Bioimpedans (RJL Quantum II)

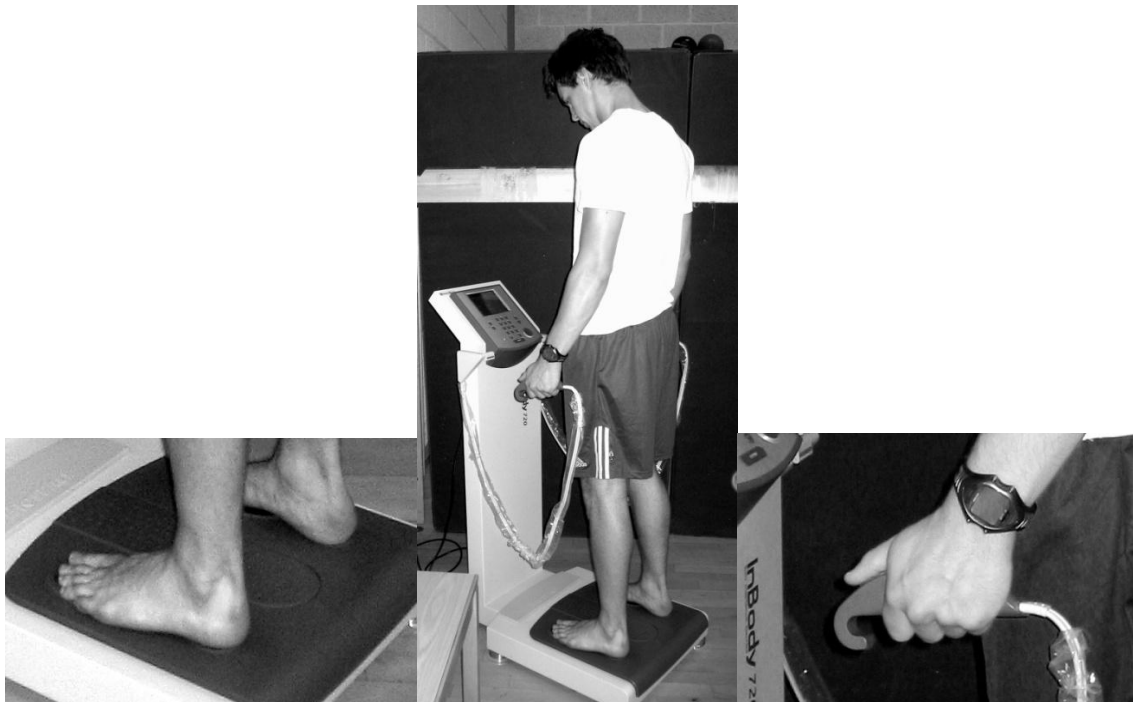
Ved målingen med RJL Quantum II (RJL Systems, Clinton Township, MI, USA) fulgte vi produsentens manual (RJL Systems, 2007). Forsøkspersonene lå på rygg på en treningsmatte. Vi standardiserte avstanden mellom føttene til å være ca 50cm, i tillegg til at vinkelen mellom armen og kroppen var om lag 30°. Forsøkspersonene fjernet eventuelle klokker og pyntegenstander fra høyre kroppshalvdel før testen startet. Til sammen fire elektroder ble plassert på høyre hånd og høyre fot-vrist. På hånden ble den registrerende elektroden plassert med øvre kanten mot en imaginær linje rundt håndleddet på høyde med der oz. ulna ledder mot håndleddsknoklene. Signalelektroden ble plassert på første fingerknokkel på midtre finger. På foten ble den registrerende elektroden plassert med øvre kanten mot en imaginær linje rundt ankelen på høyde med den mediale malleolen. Signalelektroden ble her plassert ved basen av den andre tåen (fra venstre), så vidt inne på vristen (se figur 3.1). Nye, ubrukte elektrodelapper ble benyttet på samtlige forsøkspersoner. Personen ble bedt om å være avslappet og ligge i ro når testen ble satt i gang og under testingen som tok under ett minutt per person. "Reactance" og "resistance" ble målt og registrert. Disse målene sammen med forsøkspersonens kjønn, høyde, vekt, alder og aktivitetsnivå ble lagt inn i tilhørende software (Lean Body Software, JL Systems, Clinton Township, MI, USA) for videre analyser. Aktivitetsnivået standardiserte vi til *moderate exercise* for alle forsøkspersonene.



Figur 3.1: Gjennomføring av måling med RJL Quantum II.

3.5.3 Bioimpedans (InBody 720)

Målingen med InBody 720 (Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) ble gjennomført etter prosedyre beskrevet i original brukermanual (Biospace Co, 2004). Forsøkspersonen sto på maskinens vekt med helene plassert på de to sirkelformede elektrodene og fremre del av føttene på de to ovale elektrodene. Personen sto oppreist og avslappet til vekten ble registrert. Forsøkspersonen tok grep om håndtakene med fire fingre i kontakt med elektroden under, og tommelen på elektroden på oversiden. Deretter hvilte personen armene ned langs siden av kroppen slik at vinkelen mellom arm og kropp var om lag 15° (se figur 2). Vi instruerte forsøkspersonene til å stå avslappet i en naturlig oppreist posisjon, uten å stramme musklene, når testen startet. Forsøkspersonen holdt posisjonen uten å prate eller bevege seg gjennom hele testen som tok ca 1,5 minutter. Vi tørket over hånd- og fotelektrodene med våtserviett før hver test, for å sikre god ledningsevne og av hygieniske årsaker. InBody 720 maskinens vektmåling ble kalibrert etter samme prosedyre som Seca vekten, og 0,3 kg ble trukket fra for å kompensere for klær.



Figur 3.2: Korrekt utgangsstilling for gjennomføring av måling med InBody 720.

3.5.4 Hudfoldsmåling (Harpenden kaliper)

Gjennomføringen av hudfoldsmålingene var delt opp i to stasjoner. Den første stasjonen bestod av oppmåling og markering av målepunktene. For kvinner var målepunktene triceps, scapula, ilium, abdomen, thigh, medial calf og biceps. Menn hadde samme målepunkter, samt chest og axilla. Målepunktene anatomiske plassering er hentet fra Hewart og Wagner (2004) og Lohman, Roche og Martorell (1988). Figur 3 viser åtte av ni målepunkter på menn, samtlige målepunkter er beskrevet i vedlegg 4. Punktene ble påtegnet med white-boardtusj og vi informerte forsøkspersonene om å vaske de bort før retest, slik at vi måtte måle de opp på nytt. Siste stasjon bestod av selve hudfoldsmålingen. Samtlige mål ble gjennomført med samme Harpenden kaliper (John Bull; British Indicators Ltd., West Sussex, England). Testlederen identifiserte de oppmerkede målepunktene og grep hudfolden ca 1 cm ovenfor målepunktet med pekefinger og tommel på venstre hånd (se figur 3). Når testlederen var fornøyd med hudfolden satte han på kaliperen over det merkede punktet, ca midt mellom ytterste del og basen til hudfolden. Deretter slapp han sakte opp trykket på kaliperen og leste av når den hadde stabilisert seg (etter ca 3-4 sek).



Figur 3.3: Oppmåling av målepunktene anatomiske plassering og hudfoldsmåling med Harpenden kaliper. Bildet viser åtte av ni målepunkter på menn.

Det skulle i utgangspunktet måles to ganger på samme målepunkt og gjøres gjennomsnittsberegninger av disse. Måleresultatet rundet vi av til nærmeste 0,1 mm. Dersom avviket mellom de to målingene var mer enn 0,1 mm gjorde vi en tredje måling. Den tredje målingen ble tatt med i gjennomsnittsberegningen dersom den ble gjort. Gjennomsnittet av målingene på hvert målepunkt ble senere lagt inn i ulike formler for å beregne fettprosent (se tabell 2). Vi benyttet tre forskjellige formler for hvert av kjønnene, med utgangspunkt i ulike hudfoldsmål. Fem av de seks benyttede formlene er designet for å beregne forholdet mellom total kroppsvekt og kroppsvolum (Body density). For å beregne kroppsfett med utgangspunkt i BD brukte vi følgende formel; $((4,57/BD)-4,142)*100$, som er utviklet av Brozek og medarbeidere (1963) (Hentet fra Heyward og Wagner, 2004).

Tabell 3.3: *Formler vi benyttet for beregning av "body density" og fettprosent fra hudfoldsmåling.*

Navn og referanse	Målepunkter	Formel
M-1 Jackson og Pollock 1985	$\sum 7SKF$: Triceps, Scapula, Chest, Axilla, Ilium, Abdomen, Thigh	$BD = 1,112-0,00043499(\sum 7SKF)$ $+0,00000055(\sum 7SKF^2)$ $-0,00028826(Alder)$
K-1 Jackson et al. 1980	$\sum 4SKF$: Triceps, Ilium, Abdomen, Thigh	$BD = 1,096095-$ $0,0006952(\sum 4SKF)$ $+0,0000011(\sum 4SKF^2)$ $-0,0000714(Alder)$
M-2 Jackson og Pollock 1985	$\sum 3SKF$: Chest, Abdomen, Thigh.	$BD = 1,10938-0,0008267(\sum 3SKF)$ $+0,0000016(\sum 3SKF^2)$ $-0,0002574(Alder)$
K-2 Jackson og Pollock 1985	$\sum 3SKF$: Triceps, Ilium, Thigh	$BD = 1,099421-$ $0,0009929(\sum 3SKF)$ $+0,0000023(\sum 3SKF^2)$ $-0,0001392(Alder)$
M-3 Lohman et al. 1981	$\sum 3SKF$: Triceps, Scapula, Abdomen	$BD = 1,0973-0,000815(\sum 3SKF)$ $+0,00000084(\sum 3SKF^2)$
K-3 Slaughter et al. 1988	$\sum 2SKF$: Triceps, Scapula	$BF \% = 1,33 (\sum 2SKF)- 0,013$ $(\sum 2SKF^2)-2,5$

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

3.5.5 DXA måling

DXA målingene ble gjennomført på St. Olavs Hospital (Trondheim) av personell tilknyttet sykehuset. DXA maskinen som ble brukt var av merke Hologic Discovery A (Hologic Inc, Bedford, MA, USA) med software versjon nummer 12.7.3.1:3.

Analysemetoden var ”Auto Whole Body Fan Beam”. Testen ble gjort i samme antrekk som beskrevet for bioimpedansmetodene. Alle kroppslige pyntegenstander, klokker og liknende ble fjernet før test. Forsøkspersonene la seg ned på DXA maskinen etter testleders anvisninger, med hendene ned langs siden, litt ut fra kroppen, samt benene strake og noe innadroterte. Forsøkspersonene ble bedt om å holde seg fullstendig i ro under testingen som tok under fem min. DXA maskinen måler blant annet fettfrikroppsmasse (FFM) og fettmasse (FM) fordelt på segmentene og totalt.

3.6 Statistikk og analysemetoder

Statistiske analyser ble gjort i SPSS versjon 15.0 (SPSS inc., Chicago, USA), bortsett fra 95 % LoA og Bland-Altman plottene som ble kalkulert og laget i MedCalc versjon 11.1 (MedCalc Software, Mariakeke, Belgia). Signifikansnivå ble satt til 0,05.

Test – retest reliabilitet ble vurdert med gjennomsnittlig forskjell \pm 95 % limits of agreement (LoA; inkludert Bland-Altman plott), intraclass korrelasjon (ICC) og Pearson korrelasjonskoeffisient. Validitet av målemetodene sammenliknet med DXA ble vurdert med de samme statistiske metodene som ved reliabilitetsanalysene. Forskjeller mellom test – retest resultater ble analysert med paired samples t-test. Forskjeller mellom fettprosent målt med de ulike metodene og fettprosent målt med DXA ble også analysert med paired samples t-test. Paired samples t-test ble også benyttet da vi analyserte forskjeller mellom vekt målt med DXA, InBody 720 og Seca vekt. Forskjeller i deskriptive karakteristika mellom kjønn ble analysert med independent sample t-test.

4 Resultater

I dette kapitlet vil jeg presentere utvalgte deskriptive resultater fra de ulike målemetodene. Jeg vil også presentere reliabilitetsberegninger for test – retest resultater og validitetsberegninger der resultatene fra de ulike målemetodene blir sammenliknet med resultatene fra DXA målingene.

4.1 Deskriptive data for vekt, høyde og BMI

Høyde og vekt var signifikant lavere hos kvinner sammenliknet med menn (Tabell 4.1). Det var ingen statistisk forskjell på test - retest resultater på høyde eller BMI. De kvinnelige forsøkspersonene representerte begge ytterpunktene for BMI. Vekt viste i gjennomsnitt $0,1 \pm 0,5$ kg mer på retest sammenliknet med første test ($P < 0,05$).

Tabell 4.1: Antropometriske data ved første test.

	Menn (n=39)		Kvinner(n=26)		Total(n=65)	
	Gj.snitt \pm SD	Range	Gj.snitt \pm SD	Range	Gj.snitt \pm SD	Range
Høyde (cm)	183,0 \pm 6,5	168,5 - 200,5	167,0 \pm 5,9*	156,5 - 178,5	176,5 \pm 10,1	156,5 - 200,5
Vekt (kg)	80,3 \pm 10,2	61,8 - 101,0	63,1 \pm 8,4*	51,4 - 88,0	73,4 \pm 12,7	51,4 - 101,0
BMI (kg·m⁻²)	23,9 \pm 2,5	18,9 - 28,2	22,7 \pm 2,9	17,7 - 31,7	23,4 \pm 2,7	17,7 - 31,7

* Signifikant forskjellig fra menn ($P < 0,05$)

BMI; Body mass index (kroppsmasse index) **SD**; Standard Deviation **Range**; minimum - maksimum

4.1.1 Deskriptive data RJL Quantum II

Resultater fra RJL Quantum II er presentert i tabell 4.2. Fettprosent beregnet med NHANES-III formel var signifikant høyere enn fettprosent beregnet med Weight Manager formel, for begge kjønn og totalt for hele utvalget. Det var ingen signifikante forskjeller på test – retest resultater.

Tabell 4.2: Test og retest resultater for RJL Quantum II

		Menn (n=39)	Kvinner (n=26)	Total (n=65)
		Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD
Test	RJL Resistance	466,5 ± 45,2	562,5 ± 57,5	504,9 ± 69,0
	RJL Reactance	64,6 ± 5,9	67,0 ± 5,6	65,6 ± 5,9
	RJL Fett % (WM)	16,4 ± 4,7	24,5 ± 6,0	19,6 ± 6,6
	RJL Fett % (NHA)	19,2 ± 4,5*	28,2 ± 5,7*	22,8 ± 6,7*
Retest	RJL Resistance	467,3 ± 45,1	564,1 ± 57,0	506,4 ± 69,4
	RJL Reactance	64,8 ± 5,7	67,3 ± 6,8	65,8 ± 6,2
	RJL Fett % (WM)	16,4 ± 4,8	24,8 ± 5,7	19,8 ± 6,6
	RJL Fett % (NHA)	19,2 ± 4,5*	28,5 ± 5,5*	22,9 ± 6,7*

* Signifikant forskjellig fra fettprosent med WM formel

WM; Weight manager formel, NHA; NHANES-III formel, SD; Standard Deviation

4.1.2 Deskriptive data InBody 720

Fettprosent- og kroppsvektresultater fra målingene gjort med InBody 720 er presentert i tabell 4.3. Det var ingen signifikante forskjeller på test – retest resultatene.

Tabell 4.3: Test og retest resultater for InBody 720

		Menn (n=39)	Kvinner (n=26)	Total (n=65)
		Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD	Gj.snitt ± SD
Test	Fett % InBody 720	13,5 ± 4,5	23,7 ± 6,4	17,6 ± 7,3
	Vekt InBody 720 (kg)	80,3 ± 10,3	63,3 ± 8,4	73,5 ± 12,7
Retest	Fett % InBody 720	13,6 ± 4,8	23,6 ± 6,5	17,6 ± 7,4
	Vekt InBody 720 (kg)	80,1 ± 10,2	63,3 ± 8,4	73,4 ± 12,6

SD; Standard Deviation

4.1.3 Deskriptive data hudfoldsmål

Resultatene av samtlige hudfoldsmål samt fettprosent beregnet med de tre ulike formlene for hvert av kjønnene er presentert i tabell 4.4. For mannlige forsøkspersoner var det signifikant forskjell på test – retest resultater for hudfoldsmålinger gjort på triceps, scapula, ilium, abdomen, thigh og biceps. For hele utvalget samlet, var det statistisk forskjell på test – retest resultatene på hudfoldsmålingen på abdomen. I begge tilfellene viste retest resultatene høyere verdi. Test – retest resultatene for de ulike formlene for beregning av fettprosent viste signifikant forskjell på samtlige formler for mannlige forsøkspersoner og på M-1/K-1 og M-3/K-3 for hele utvalget. Som resultat av forskjellen i hudfoldsmål var også her retest resultatene høyere.

For hele utvalget var det signifikant forskjell mellom fettprosent beregnet med de ulike formlene både ved test og retest, der M-2/K-2 ga laveste verdi og M-3/K-3 ga høyeste verdi. Det samme gjaldt for formlene brukt på mannlige forsøkspersoner. For formlene brukt på kvinnelige forsøkspersoner var det signifikant forskjell på K-1 og K-2, der sistnevnte ga lavest verdi

Tabell 4.4: Test og retest resultater for hudfoldsmål og formler for beregning av fettprosent fra hudfold.

		Menn		Kvinner		Total	
		n	Gj.snitt ± SD	n	Gj.snitt ± SD	n	Gj.snitt ± SD
Test	Triceps (mm)	39	11,3 ± 4,2	26	19,6 ± 4,9	65	14,6 ± 6,0
	Scapula (mm)	39	11,1 ± 2,9	26	14,1 ± 6,5	65	12,3 ± 4,9
	Chest (mm)	39	6,5 ± 2,1	-		39	6,5 ± 2,1
	Axilla (mm)	39	11,4 ± 3,7	-		39	11,4 ± 3,7
	Ilium (mm)	38	16,8 ± 4,9	26	23,6 ± 9,7	64	19,6 ± 8,0
	Abdomen (mm)	39	18,7 ± 6,3	26	27,5 ± 7,5	65	22,3 ± 8,0
	Thigh (mm)	38	13,9 ± 5,7	26	28,0 ± 8,8	64	19,6 ± 10,0
	Biceps (mm)	39	5,2 ± 1,7	26	11,6 ± 4,7	65	7,8 ± 4,5
	Calf (mm)	39	8,3 ± 3,5	26	17,3 ± 7,6	65	11,9 ± 7,0
	Fett % M-1/K-1	37	12,2 ± 3,3	26	26,4 ± 5,6	63	18,1 ± 8,2
	Fett % M-2/K-2	37	11,1 ± 3,3 ^b	26	26,0 ± 5,9 ^b	63	17,3 ± 8,6 ^b
	Fett % M-3/K-3	39	14,8 ± 3,4 ^b	26	26,1 ± 3,4	65	19,3 ± 6,5 ^b
Retest	Triceps (mm)	39	11,7 ± 4,3 ^a	26	19,5 ± 4,2	65	14,8 ± 5,7
	Scapula (mm)	39	11,6 ± 3,3 ^a	26	14,2 ± 6,8	65	12,6 ± 5,1
	Chest (mm)	39	6,6 ± 2,1	-		39	6,6 ± 2,1
	Axilla (mm)	39	11,8 ± 4,2	-		39	11,8 ± 4,2
	Ilium (mm)	39	19,9 ± 7,5 ^a	26	22,7 ± 8,2	65	21,0 ± 7,8
	Abdomen (mm)	39	20,5 ± 7,5 ^a	26	27,7 ± 7,0	65	23,4 ± 8,1 ^a
	Thigh (mm)	39	14,8 ± 6,0 ^a	26	28,0 ± 7,5	65	20,1 ± 9,2
	Biceps (mm)	39	5,6 ± 2,0 ^a	26	11,5 ± 3,9	65	7,9 ± 4,9
	Calf (mm)	39	8,5 ± 3,6	26	17,0 ± 7,5	65	11,9 ± 6,8
	Fett % M-1/K-1	39	13,3 ± 3,9 ^a	26	26,2 ± 4,9	65	18,5 ± 7,7 ^a
	Fett % M-2/K-2	39	12,1 ± 3,6 ^{a,b}	26	25,8 ± 5,2 ^b	65	17,6 ± 8,0 ^b
	Fett % M-3/K-3	39	15,6 ± 4,0 ^{a,b}	26	26,2 ± 3,5	65	19,8 ± 6,4 ^{a,b}

^a Signifikant forskjellig fra første test (P<0,05)

^b Signifikant forskjellig fra fettprosent M-1/K-1 (P<0,05)

SD; Standard Deviation, **M-1;** Σ 7SKF: Jackson og Pollock 1985, **K-1;** Σ 4SKF: Jackson et al. 1980, **M-2;** Σ 3SKF: Jackson og Pollock 1985, **K-2;** Σ 3SKF: Jackson og Pollock 1985 **M-3;** Σ 3SKF: Lohman et al. 1981 **K-3;** Σ 2SKF: Slaughter et al. 1988

4.1.4 Deskriptive data DXA

Fettprosent- og kroppsvektresultater fra målingene gjort med DXA er presentert i tabell 4.5. Gjennomsnittlig fettprosent for hele utvalget var 19,6 %. For de 12 forsøkspersonene som gjennomførte to tester på DXA var det ingen statistisk forskjell på test – retest resultatene.

Tabell 4.5: Test og retest resultater for DXA

		Menn (n=39)		Kvinner (n=26)		Total (n=65)	
		n	Gj.snitt ± SD	n	Gj.snitt ± SD	n	Gj.snitt ± SD
Test	Fett % DXA	39	15,6 ± 3,7	26	25,6 ± 4,7	65	19,6 ± 6,4
	Vekt DXA (kg)	39	81,1 ± 10,2	26	64,3 ± 8,6	65	74,4 ± 12,6
Retest	Fett % DXA	9	15,1 ± 3,4	3	24,8 ± 7,5	12	17,5 ± 6,1
	Vekt DXA (kg)	9	80,7 ± 11,9	3	64,9 ± 7,6	12	76,7 ± 12,8

*Signifikant forskjellig fra menn (P<0,05)

DXA; Dual-energy X-ray absorptiometry, **SD;** Standard Deviation

4.2 Reliabilitet

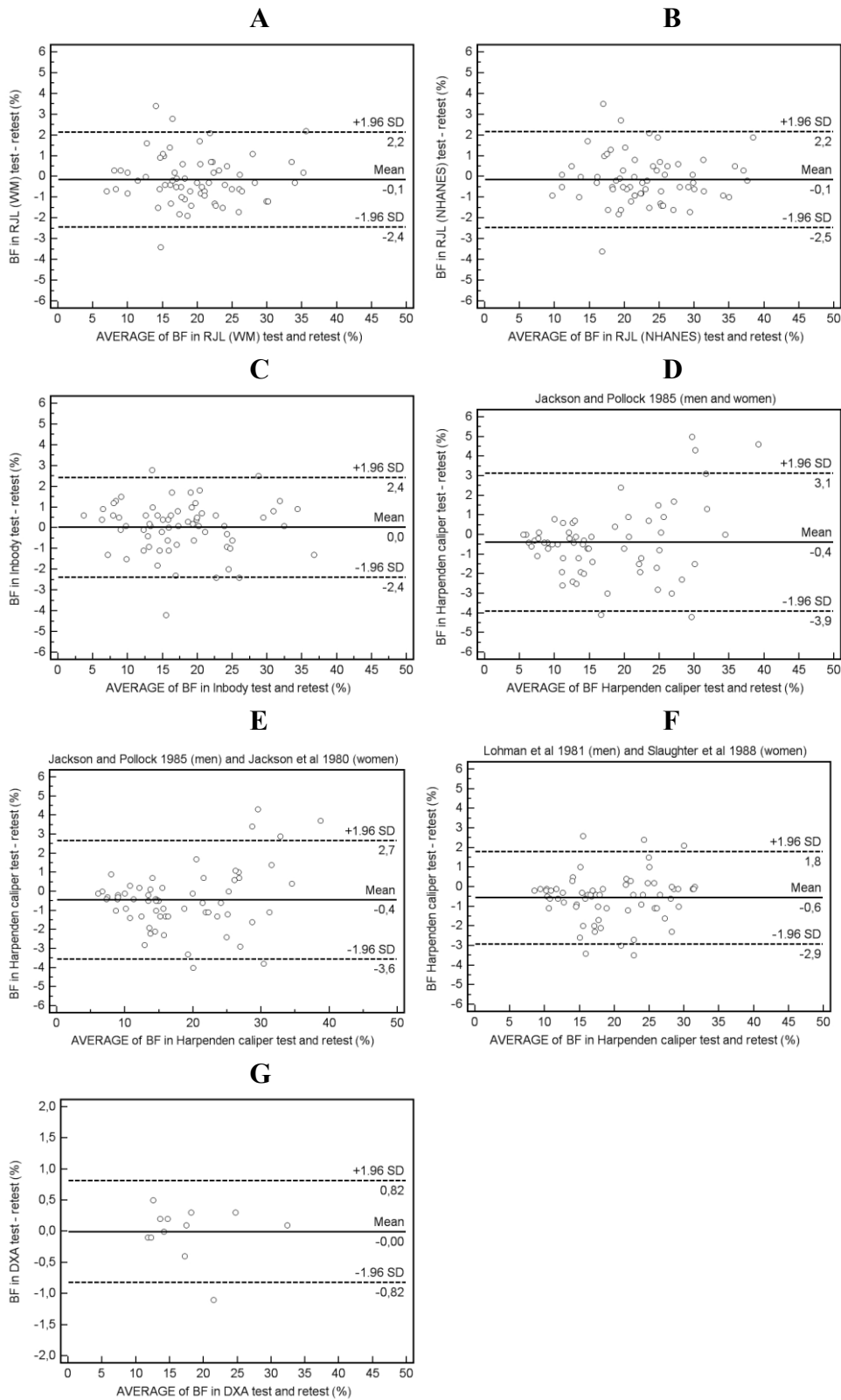
Deskriptive data for test – retest resultater er presentert i Tabell 4.1-4.5.

Reliabilitetsstatistikk er presentert i tabell 4.6. Det var ingen store forskjeller på korrelasjon beregnet med ICC og Pearson r. Fettprosent beregnet fra hudfoldsmål viste den største gjennomsnittlige forskjellen, der retest viste gjennomsnittlig 0,4 til 0,6 prosent mer enn første test. Bland-Altman plott for reliabilitet er presentert i figur 4.1.

Tabell 4.6: Reliabilitetsstatistikk for fettprosent for hele utvalget

Test - retest resultater fett %	n	Gj.snittlig forskjell		
		± 95 % LoA	ICC	Pearson r
RJL Quantum II (WM)	65	-0,1 ± 2,3	0,98	0,98
RJL Quantum II (NHA)	65	-0,1 ± 2,4	0,98	0,98
InBody 720	65	0,0 ± 2,4	0,99	0,99
SKF (M-1/K-1)	63	-0,4 ± 3,2	0,98	0,98
SKF (M-2/K-2)	63	-0,4 ± 3,5	0,98	0,98
SKF (M-3/K-3)	65	-0,6 ± 2,4	0,98	0,98
DXA	12	0,0 ± 0,8	1,00	1,00

LoA; Limits of agreement, ICC; Intra class correlation, r; correlation coefficient, WH; Weight manager formel, NHA; NHANES-III formel, SKF; hudfoldmåling, M-1; $\sum 7$ SKF: Jackson og Pollock 1985, K-1; $\sum 4$ SKF: Jackson et al. 1980, M-2; $\sum 3$ SKF: Jackson og Pollock 1985, K-2; $\sum 3$ SKF: Jackson og Pollock 1985, M-3; $\sum 3$ SKF: Lohman et al. 1981, K-3; $\sum 2$ SKF: Slaughter et al. 1988, DXA; Dual-energy X-ray absorptiometry.



Figur 4.1: BA-plott for reliabilitet for beregnet fettprosent (BF). **A;** R.J.L Weight manager formel, **B;** R.J.L NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3 og **G;** Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA).

4.3 Validitet

Deskriptive resultater fra fettprosentmålingene er presentert i tabell 4.1-4.5.

Validitetsstatistikk er presentert i tabell 4.7 og Bland-Altman plott med LoA for fettprosentberegninger er presentert i figur 4.2 (menn) og 4.3 (kvinner).

Validitetsberegningene tar utgangspunkt i retest resultatene. Fettprosent målt med RJL Quantum II (NHANES-III formel) signifikant høyere enn DXA, mens InBody 720, hudfoldsmål M-1/K-1 og hudfoldsmål M-2/K-2 var signifikant lavere enn DXA.

For mannlige forsøkspersoner var fettprosent målt med RJL Quantum II (Weight manager formel) og RJL Quantum II (NHANES-III formel) signifikant høyere sammenliknet med DXA, mens, InBody 720 og hudfoldsmetodene M-1 og M-2 var signifikant lavere enn DXA.

For de kvinnelige forsøkspersonene var fettprosent målt med RJL Quantum II (NHANES-III formel) signifikant høyere enn DXA, mens resultatene fra InBody 720 var signifikant lavere enn DXA.

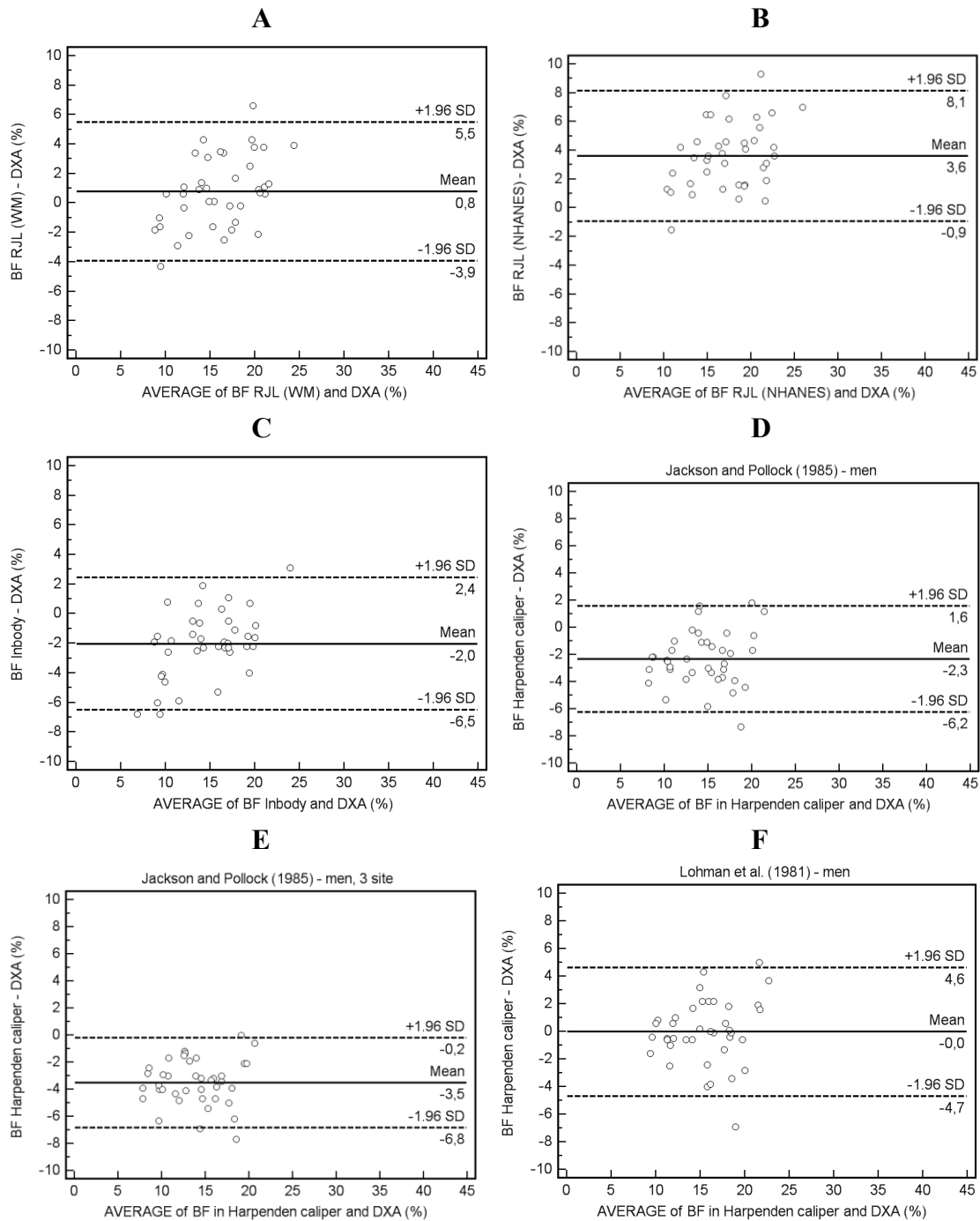
Vekt ble målt med tre ulike instrumenter. Forskjellen på vekten målt med DXA og Seca-vekt var $+1,0 \pm 0,7$ kg eller 1,4 % ($P < 0,05$). Forskjellen på vekten målt med InBody 720 og Seca-vekt var $+0,1 \pm 0,2$ kg eller 0,2 %.

Tabell 4.7: Validitetsstatistikk for fettprosent målt med de ulike metodene sammenliknet med DXA

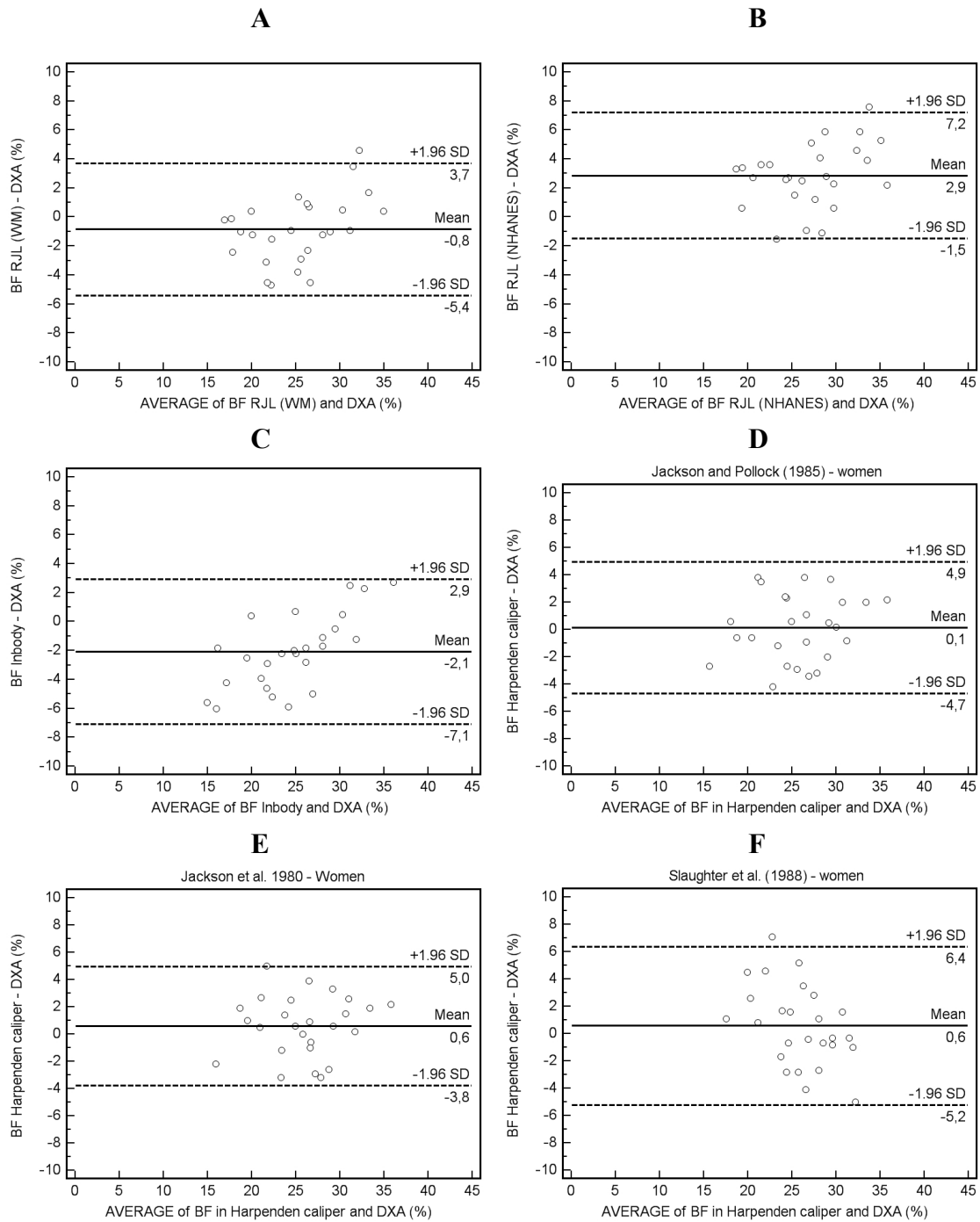
		Gj.snittlig forskjell		
	Resultat fett %	$\pm 95\%$ LoA	ICC	Pearson r
Menn (n=39)	RJL Quantum II (WM)	0,8 \pm 4,7 [*]	0,84	0,87
	RJL Quantum II (NHA)	3,6 \pm 4,5 [*]	0,84	0,86
	InBody 720	-2,0 \pm 4,5 [*]	0,86	0,89
	SKF (M-1)	-2,3 \pm 3,9 [*]	0,86	0,86
	SKF (M-2)	-3,5 \pm 3,5 [*]	0,90	0,90
	SKF (M-3)	0,0 \pm 4,7	0,81	0,81
Kvinner (n=26)	RJL Quantum II (WM)	-0,8 \pm 4,6	0,90	0,92
	RJL Quantum II (NHA)	2,9 \pm 4,4 [*]	0,91	0,92
	InBody 720	-2,1 \pm 5,0 [*]	0,90	0,94
	SKF (K-1)	0,6 \pm 4,4	0,89	0,89
	SKF (K-2)	0,1 \pm 4,8	0,88	0,88
	SKF (K-3)	0,6 \pm 5,8	0,75	0,78
Totalt (n=65)	RJL Quantum II (WM)	0,1 \pm 4,9	0,93	0,93
	RJL Quantum II (NHA)	3,3 \pm 4,5 [*]	0,94	0,94
	InBody 720	-2,0 \pm 4,6 [*]	0,94	0,95
	SKF (M-1/K-1)	-1,1 \pm 5,0 [*]	0,94	0,95
	SKF (M-2/K-2)	-2,0 \pm 5,3 [*]	0,93	0,95
	SKF (M-3/K-3)	0,2 \pm 5,1	0,92	0,92

*Signifikant forskjellig fra DXA (P<0,05)

LoA; Limits of agreement, ICC; Intra class correlation, r; correlation coefficient, WM; Weight manager formel, NHA; NHANES-III formel, SKF; hudfoldmåling, M-1; \sum 7SKF: Jackson og Pollock 1985, K-1; \sum 4SKF: Jackson et al. 1980, M-2; \sum 3SKF: Jackson og Pollock 1985, K-2; \sum 3SKF: Jackson og Pollock 1985, M-3; \sum 3SKF: Lohman et al. 1981, K-3; \sum 2SKF: Slaughter et al. 1988



Figur 4.2: BA-plott for validitet for beregnet fettprosent (BF) hos menn. **A;** R.JL Weight manager formel, **B;** R.JL NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudfoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 og **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3, sammenliknet med Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA).



Figur 4.3: BA-plott for validitet for beregnet fettprosent (BF) hos kvinner. **A;** R.JL Weight manager formel, **B;** R.JL NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudfoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 og **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3, sammenliknet med Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA).

5 Diskusjon

Test – retest reproduserbarheten var svært god for BIA metodene. Reliabiliteten for hudfoldsmålene var også god, men det ble observert gjennomsnittlig forskjell mellom test og retest for noen formler, samt noe større spredning sammenliknet med BIA metodene.

For hele utvalget samlet viste resultatene at fettprosent beregnet med RJI Quantum II (NHANES-III formel) var signifikant høyere enn DXA, mens InBody 720, hudfoldsmål M-1/K-1 og hudfoldsmål M-2/K-2 var signifikant lavere. Imidlertid korrelerte samtlige metoder bra med DXA beregnet med ICC og Pearsons r (0,92 – 0,95).

Formlene for beregning av fettprosent for menn og kvinner er forskjellig (gjelder samtlige utenom InBody 720). Derfor er det naturlig å se på resultatene fordelt på kjønn. For menn isolert viser resultatene at fettprosent beregnet med RJI Quantum II (NHANES-III formel) var signifikant høyere enn fettprosent beregnet med DXA, mens fettprosent beregnet med RJI Quantum II (Weight Manager formel), InBody 720 og hudfoldsmetodene M-1 og M-2 var signifikant lavere sammenliknet med DXA. For kvinner isolert viser resultatene at fettprosent beregnet med RJI Quantum II (NHANES-III formel) var signifikant høyere enn fettprosent beregnet med DXA, mens fettprosent beregnet med InBody 720 var signifikant lavere sammenliknet med DXA.

I diskusjonskapittelets første del vil ulike metodiske problemstillinger knyttet til utvalget, valg av referansemødel, standardisering av forberedelser og testing, og valg av statistisk analyse bli diskutert. I kapittelets andre del vil resultatene fra studien bli diskutert, og sammenliknet med andre undersøkelser. I kapittelets siste del vil anbefalinger for måling av kroppssammensetning i militær sammenheng bli gitt på bakgrunn av resultater og erfaringer.

5.1 Metodediskusjon

5.1.1 Utvalg

Målet var i hovedsak at utvalget skulle være representativt i forhold til populasjonen i Kadettutviklingsstudien. I tillegg ønsket vi å kunne si noe om validiteten til de ulike målemetodene for bruk i militær sammenheng generelt. Ved hjelp av styrkeberegninger fant vi at totalt 60 forsøkspersoner, fordelt på begge kjønn, ville være en tilstrekkelig størrelse på utvalget. Dersom vi hadde forsøkt å rekruttere samtlige jenter fra krigskolene ville det likevel vært utfordrende å fylle vårt krav til antall. Derfor valgte vi å supplere med kvinnelige vernepliktige og befal/ansatte ved ØHF. Gjennom rekrutteringsarbeidet der vi fulgte inklusjons- og eksklusjonskriteriene lyktes vi med å rekruttere 65 forsøkspersoner (se tabell 3.1).

For enkelhetsskyld ble samtlige mannlige forsøkspersoner rekruttert fra samme kull på samme skole (LKSK). Samtlige kvinner på dette kullet ble også rekruttert. Upubliserte data fra kadettutviklingsstudien viser at det ikke er signifikant forskjell på fettprosent mellom de tre krigsskolene. Gjennomsnittlig fettprosent for mannlige forsøkspersoner i kadettutviklingsstudien er 16,7 %. Fettprosent for menn i vår valideringsstudie beregnet med samme metode er 16,4 %. Dette tyder på at den mannlige delen av utvalget er representativt for mannlige krigsskolekadetter generelt.

Kadettene på LKSK er selektert personell og det kunne på forhånd forventes relativt stor homogenitet. Befal og ansatte ved ØHF er også selektert personell, men det er svært varierende tidsrom mellom når selekteringen fant sted og testingen i forbindelse med denne studien. Alder og enkelte antropometriske variabler varierer mer blant befal og ansatte på ØHF enn både kadetter på LKSK og vernepliktige på ØHF. Vårt datamateriale tyder også på at det er større spredning på vekt og fettprosent på kvinnene fra ØHF sammenliknet med kvinnene fra LKSK. Det må tas i betraktning at disse isolerte gruppene er små og data må tolkes med varsomhet (adskilte data for de nevnte isolerte gruppene er ikke vist).

Fordelen med å ha større spredning på det kvinnelige utvalget er at det kan være generaliserbart til flere. Kvinnelige forsøkspersoner fra LKSK vil være representative for kvinnelige krigsskolekadetter generelt. Venepliktige jenter fra ØHF er trolig

representative for vernepliktige jenter generelt. Imidlertid er vernepliktige jenter på ØHF frivillige og er trolig ikke representative for norske jenter mellom 18 og 35 år generelt.

5.1.2 DXA som "gullstandard"?

Det er ulike meninger om hva som er en god referansemmodell når det kommer til måling av kroppssammensetning. Ulike artikler og lærebøker argumenterer for og imot de tre vanligste laboratorium-metodene. I andre valideringsstudier er UWW og DXA mest brukt som referansem metode (Wagner og Heyward, 1999, Fogelholm et al, 1997 og Malina, 2007). Det er derimot enighet om at det ikke eksisterer en metode som direkte kan måle kroppssammensetning in vivo (Heyward og Wagner, 2004).

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 programvareversjon (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 og medarbeidere 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 beinmineralitet. 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 og medarbeidere 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 og medarbeidere (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) er en anerkjent metode for å måle kroppens muskelmasse. Kim og medarbeidere (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 ± 3,2 kg).

I en oversiktsartikkel fra 2009 skriver Andreoli og medarbeidere 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-compartment method*. En 4-komponent modell vurderer kroppssammensetning på molekylnivået der kroppsmasse = vann + protein + mineraler + fett. Ved denne metoden måles de enkelte komponentene separat med kompliserte laboratoriemetoder (Heimfield 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 (Heymsfield et al, 2005).

Med dette utgangspunktet vurderes DXA metoden brukt i denne studien til å være en god referansemodell. Det bør likevel poengteres at DXA ikke måler kroppssammensetning direkte, og dermed at validiteten til de andre metodene er i forhold til DXA resultatene og ikke nødvendigvis til den konkrete kroppssammensetningen.

5.1.3 Standardisering av forberedelser og datainnsamlingen

I denne studien har vi valgt en streng standardisering av faktorer som trolig kan påvirke resultatene til enkelte målemetoder for kroppssammensetning. Vi har valgt samme standardisering i forhold til forberedelse til test som i kadettutviklingsstudien. Dette gjør at forholdene ligger til rette for å evaluere hvilken metode som er best egnet i den sammenhengen. Hadde vi ikke valgt samme forberedelse for alle målemetodene i datainnsamlingen ville trolig ikke resultatene blitt de samme. 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 evaluert i denne studien

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 og medarbeidere 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 og medarbeidere (1986) poengterte at dehydrering økte impedansen og at dette kunne føre til en underestimert av FFM på opptil 5 kg.

Deurenberg og medarbeidere (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 og medarbeidere 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). Fastetiden for forsøkspersonene i vår studie var > 10 timer dermed påvirket trolig ikke ernæringsstatus våre resultater.

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 og medarbeidere 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 og medarbeidere (1988) syklet forsøkspersonene på ergometersykkel 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 og medarbeidere (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. Ingen av forsøkspersonene i denne studien trente fysisk hardt siste 10 timer før test. Omgivelsestemperaturen under datainnsamlingen var mellom 18,8 og 21,1 uten signifikant forskjell på test og retest. Dette er innenfor anbefalingene fra produsentene og påvirket trolig ikke resultatene for verken reliabilitet eller validitet.

Menstruasjonsyklusen påvirker BIA resultatene og trolig hudfoldsmål.

Menstruasjonsyklusen 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 menstruasjonsyklusen.

I den nevnte studien av Deurenberg og medarbeidere (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 menstruasjonsyklusen gir et riktigere svar på en kvinnes kroppssammensetning.

Det ser ikke ut til at de fysiologiske svingningene gjennom menstruasjonsyklusen 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 eggløsning og blødning (Perin et al, 2000).

Siden avstanden mellom test og retest i denne studien var maksimalt tre dager, påvirket trolig ikke menstruasjonssyklusen resultatene av betydelighet for verken reliabilitet eller validitet.

Hydreringsstatus påvirker DXA resultatene.

Måling av kroppssammensetning med DXA bygger også på antagelsen om at kroppen inneholder ca 73 % vann. Studier viser imidlertid at hydreringen kan variere fra 67 % til 85 % i ekstreme tilfeller (Andreoli et al, 2009). Dersom kroppen inneholder mer enn gjennomsnittlig andel vann vil noen DXA maskiner overestimere FM (Laskey, 1996), mens funnene til Kelly og medarbeidere (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 og medarbeidere med at betydelig overhydrering førte til overestimering av FM ved DXA måling. Dersom funnene til Laskey (1996) og Petrobelli med medarbeidere (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.

5.1.4 Statistisk analyse

Flere statistiske tester har blitt foreslått for å beskrive reliabilitet eller validitet til et måleinstrument (Atkinson og Nevill, 1998). I denne studien er Pearsons r og ICC brukt i tillegg til Bland-Altman analyse med 95 % LoA.

Pearsons korrelasjonskoeffisient har vært den mest brukte metoden for å beregne reliabilitet (Atkinson og Nevill, 1998). Korrelasjon er i utgangspunktet en metode for å studere grad av sammenheng når X og Y variabelen er ulike variabler (Baumgartner, 1989). Dersom korrelasjonen er høy (>0,8) og signifikant, tyder dette på at instrumentet har høy men ikke nødvendigvis perfekt reliabilitet (Vincent, 2005). Metoder basert på

korrelasjonskoeffisient eller regresjon gir en indikasjon på *relativ reliabilitet*, og bør betraktes med varsomhet (Atkinson og Nevill, 1998). Grunnen til dette er at metodene er svært påvirkbare av spredningen i resultatene. Et eksempel på dette kan sees i resultatene i denne studien der målingene med InBody 720, med relativt lik gjennomsnittlig forskjell fra DXA resultatene, korrelerer dårligere med DXA når spredningen er lav (menn) og korrelerer bedre når spredningen er høyere (kvinner). Atkinson og Nevill (1998) argumenterer likevel for at korrelasjon kan være en tilfredsstillende analysemetode dersom man vil undersøke et instruments reliabilitet på nøyaktig samme utvalg. Sammenlikning av korrelasjon på tvers av studier bør derfor gjøres med varsomhet.

I følge Atkinson og Nevill (1998) er standard error of measurement (SEM), coefficient of variation (CV) og limits of agreement (LoA) gode metoder for å beskrive reliabilitet mellom måleinstrument i ulike studier. En av fordelene med Bland-Altman og LoA er at måleforskjellene vises skjematisk og at det er mulig å se om resultatet er *heteroskedastiske*, hvilket i dette tilfellet betyr om forskjellen på test og retest er større for de som har høyest fettprosent. I denne oppgaven er dette beregnet ved å undersøke korrelasjon mellom absolutt differanse mellom test og retest og fettprosent, som forklart av Atkinson og Nevill (1998). Ingen av metodene i denne studien viste signifikant korrelasjon mellom disse to variablene, altså er resultatene behandlet som *homoskedastiske*, hvilket igjen betyr at resultatene ikke er logtransformert. Ved å beregne 95 % LoA vil en lettere kunne vurdere hvor stor feilmargin som kan forventes, i motsetning til for eksempel ved tradisjonelle korrelasjonsanalyser.

5.2 Resultatdiskusjon

5.2.1 Dual-energy X-ray absorptiometry

Vi undersøkte test-retest reliabilitet på 12 tilfeldige forsøkspersoner (9 menn/3 kvinner) fra utvalget i denne studien. Reproduserbarheten for DXA målingene var svært god med 95 % LoA innenfor 0,8 %. Dette kan underbygge styrken til DXA som referansem metode.

I en oversiktsartikkel fra 2009 undersøkte Andreoli og medarbeidere DXA metodens evne til å måle kroppssammensetning. Med bakgrunn i flere studier skrev de at repeterte målinger med DXA forventes å gi en variasjonskoeffisient på mellom 2 % og 3 % for kroppssammensetningsanalyse. De poengterte også at reliabiliteten varierer noe mellom produsenter og modeller. Våre funn kan indikere at DXA metoden brukt i denne studien gir reliable målinger for personer med relativt ”normal” fettprosent. Andreoli og medarbeidere (2009) konkluderte med at DXA metodens reliabilitet må undersøkes nøyere for utvalg bestående av svært undervektige og svært overvektige individer samt for individer fra spesielle ”diagnosegrupper”.

5.2.2 RJL Systems, Quantum II

Vi fant at repeterte målinger med RJL Quantum II viste god reliabilitet. Test-retest korrelasjonen for begge formlene beregnet med ICC og Pearson r var 0,98. Gjennomsnittlig forskjell (\pm 95 % LoA) på test og retest resultatene var $-0,1 \pm 2,3$ % og $-0,1 \pm 2,4$ % for henholdsvis Weight Manager formel og NHANES-III formel. Det var ingen signifikante forskjeller på test-retest.

Sammenliknet med DXA resultatene var fettprosent beregnet med weight manager formel ikke signifikant forskjellig, mens NHANES-III formel overestimerte for hele utvalget samlet og for begge kjønnene separat. Korrelasjon beregnet med ICC og Pearson r for begge kjønn og totalt finnes i tabell 4.7.

Det finnes studier som har undersøkt validitet på metoder for å måle kroppssammensetning på militært personell. Jeg har ikke lyktes med å finne ”militære studier” som har undersøkt de samme metodene, med de samme instrumentene, som i vår studie og sammenliknet dette med DXA. Kremer og medarbeidere (1998) undersøkte et annet singelfrekvens BIA instrument mot UWW på 50 menn og 50

kvinner fra det Amerikanske luftforsvaret. Alderen på forsøkspersonene var fra 19 til 47 år. Gjennomsnittlig forskjell mellom BIA og UWW var $-0,7\%$ for menn og $-0,5\%$ for kvinner, men ikke signifikant. Korrelasjonen, presentert med Pearson r , var $0,84$ for menn og $0,75$ for kvinner. Lintsi og medarbeidere (2004) målte kroppssammensetning på estlandske vernepliktige mellom 17 og 18 år ($n=32$). Fire ulike håndholdte singelfrekvens BIA metoder ble sammenliknet med DXA. Korrelasjonen mellom disse BIA metodene og DXA var mellom $0,88$ og $0,89$ og den gjennomsnittlige forskjell varierte mellom $0,2$ og $1,1\%$.

Flere ”ikke militære” studier har undersøkt validiteten til ulike singelfrekvens BIA instrumenter mot DXA eller UWW. Videre følger utvalgte studier som har undersøkt RJL BIA instrumenter mot referansemetoder. Studier med andre singelfrekvens BIA metoder er ikke diskutert. I flere studier er formlene brukt for å beregne fettprosent fra kroppens impedans ikke oppgitt, derfor er det utfordrene å diskutere validitetsfunnene fra vår studie konkret.

Wu og medarbeidere (1993) målte fettprosent med singelfrekvens BIA (RJL, BIA-103) og UWW på 47 ungdommer. Reproduserbarheten 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 mannlige forsøkspersoner var underestimeringen på gjennomsnittlig $0,1$ kg. Forfatterne konkluderte med at fettprosent målt med RJL er reliabel og valid sammenliknet med UWW. RJL BIA modellen brukt i denne studien er imidlertid forskjellig fra den i vår studie, og formel for å beregne fettprosent er ikke oppgitt.

Nichols og medarbeidere (2006) 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. Forberedelsene og testprosedyren var svært lik med vår studie. Gjennomsnittlig test-retest differansen for RJL var $< 1\%$ fett som samsvarer med funnene i vår studie. Resultatene viste også et RJL korrelerte godt med DXA ($r = 0,93$). Valideringsresultatene i forhold til DXA samsvarer også med våre resultater for RJL Quantum II Weight Manager formel, med en ikke signifikant forskjellen mellom RJL og DXA på $0,5 \pm 8,3$ LoA. Formelen brukt for å beregne fettprosent er imidlertid ikke oppgitt.

Fakhrawi og medarbeidere (2009) sammenliknet også RJA Quantum II med DXA. Målingene ble gjort på 33 overvektige kvinner med alder(\pm SD) $53,9 \pm 6,0$ år og BMI(\pm SD) $33,1 \pm 5,7$ kg·m⁻². Korrelasjon (uttrykt som Pearson r) mellom DXA og RJA for fettmasse, og fettfri masse var henholdsvis 0,98 og 0,93 ($p > 0,01$). Bland-Altman plot viste en generell enighet mellom de to metodene for fettprosent (mean \pm 95 % LoA = $-0,6 \pm 7,4$). Forfatterne konkluderte med at RJA 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. Formelen for beregning av fettprosent fra impedans er ikke oppgitt.

Studiene underbygger funnene om at reliabiliteten til RJA Quantum II er god ved standardiserte forberedelser og tester. Validiteten i forhold til DXA vil variere med utvalget og formel brukt for å beregne fettprosent fra impedans.

5.2.3 InBody 720

Vi fant at repeterte målinger med InBody 720 viste god reliabilitet. Test-retest korrelasjonen beregnet med ICC og Pearson r var 0,99. Bland-Altman analyse viste at det var ingen gjennomsnittlig forskjell mellom test og retest og at 95 % LoA var innenfor $\pm 2,4$ %.

Sammenliknet med DXA ga InBody 720 signifikant lavere resultater. Korrelasjonen mellom InBody 720 og DXA var god, og omtrent på samme nivå som de andre metodene (tabell 4.7).

Liknende resultater ble funnet av Jansky-Squires og medarbeidere (2008) som sammenliknet InBody 320 med DXA på 254 menn og kvinner mellom 18 og 70 år. Bland-Altman analyse for hele utvalget viste en gjennomsnittlig forskjell (\pm LoA) mellom InBody 320 og DXA på $-2 \pm 6,3$ % og $-3,6 \pm 6,6$ % for henholdsvis menn og kvinner. For menn og kvinner mellom 18 og 35 år ($n=84$) så InBody 320 ut til å underestimere noe men det var ingen signifikant forskjell mellom resultatene fra de to metodene. Korrelasjonen mellom de to metodene var på 0,91 og 0,80 for henholdsvis menn ($n=40$) og kvinner ($n=44$). InBody 320 skiller seg fra InBody 720 blant annet ved

at den ikke bruker frekvenser over 250 kHz (Biospace, 2004). Eventuell forskjell på formlene er ikke kjent siden de er merkevarebeskyttet.

Völgyi og medarbeidere (2008) undersøkte hvor sammenliknbare resultater fra DXA og InBody 720 var på et utvalg menn og kvinner med forskjellig BMI. Åttito men og 86 kvinner ble inkludert i studien. Resultatene viste at bioimpedansmaskinene gjennomsnittlig ga 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 repeterte målinger uttrykt som variasjonskoeffisient var 2,2 % på DXA og 0,6 % på InBody 720.

Malavolti og medarbeidere (2003) og Thomson og medarbeidere (2007) viste også i sine studier at reproduserbarheten til multitaktile, multifrekvens BIA metoder er god ved standardiserte forberedelser og tester.

I en oversiktsartikkel fra 2009 konkluderte Jaffrin med at multifrekvens BIA metode viste god reliabilitet. Han skrev også at flere slike metoder syntes å underestimere fettprosent sammenliknet med referansemeter, og spekulerte i om dette kunne være av kommersielle årsaker.

I en finsk militærstudie fra 2009 (Mikkola et al.) ble InBody 720 brukt for å undersøke endringer i kroppssammensetning gjennom militærtjeneste. Forfatterne vurderte at InBody 720 var en egnet metode for å måle fettprosent med grunnlag i god reliabilitet, vist i de overfornevnte studiene.

5.2.4 Hudfoldsmål

Test – retest reproduserbarheten for hudfoldsmål var svakere enn for BIA metodene. For to av formlene var det signifikant forskjell på gjennomsnittlig fettprosent på test og retest. For de mannlige forsøkspersonene isolert viste samtlige formler forskjell på test og retest, mens det ikke var forskjell for de kvinnelige forsøkspersonene (se tabell 4.4).

Ved å studere Bland-Altman plottene (fig 4.1) ser det ut til at to av hudfoldsmetodene (M-1/K-1 og M-2/K-2) kan ha noe større måleforskjell for de med størst fettprosent. Imidlertid viste sammenlikning av absolutt differanse og fettprosent at det ikke var

signifikant korrelasjon. Anbefalinger fra lærebøker om kroppssammensetningsmål forteller at hudfoldsmål er mindre reliabelt for fete individer (Heyward og Wagner, 2004, og Heimsfield, 2005).

Fettprosent beregnet med M-1/K-1 og M-2/K-2 var signifikant lavere enn fettprosent målt med DXA. Dette var et resultat av at M-1 og M-2 underestimerte fettprosent for de mannlige forsøkspersonene. Det var ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittet for de kvinnelige forsøkspersonene.

Årsaken til at reproduserbarheten var svakere for hudfoldsmål og at det så ut til å være systematisk forskjell henger trolig sammen med menneskelige feil. Testpersonen ved hudfoldsmåling kan i stor grad påvirke resultatene. Siden vi gjorde hele prosedyren, inkludert oppmåling av målepunkter, på nytt for hver måling, finnes det mange mulige feilkilder. Mulige kilder til den systematiske forskjellen kan være at oppmerkingen av målepunktene var forskjellig mellom test og retest, at gripingen av hudfolden var ulik mellom målingene og at hudfolden ble holdt i ulik tid ved de to målingene. Hume og Marfell-Jones (2008) viste at små forskjeller i måling av hudfold kan gi signifikant forskjellige resultater. Grunnen til at vi da ikke hadde samme forskjell på de kvinnelige forsøkspersonene kan være at datainnsamlingen av de fleste kvinnene ble gjennomført avskilt fra datainnsamlingen på menn. I ettertid ser vi at mer trening i å måle hudfoldstykkelse ville vært gunstig og muligens kunne dette redusert eller eliminere de signifikante forskjellene mellom test og retest.

Det er utfordrende å vurdere validitetsfunnene i denne studien mot annen litteratur siden så mange ulike formler for å beregne fettprosent fra hudfoldsmål er i bruk.

Aristizábal og medarbeidere (2008) undersøkte fettprosent fra hudfoldsmål og UWW. Utvalget var 52 kvinner fra 18 til 40 år. De brukte tre formler (inkludert Jackson og Pollock, 1985) der summen av tre hudfolder ble regnet om til BD. Resultatene fra hudfoldsmålene og UWW korrelerte dårlig (Pearson $r = 0,72$ / ICC = 0,59). Resultatene viste at estimering av fettprosent fra hudfoldsmål, med formlene inkludert i studien, ikke samsvarte særlig godt med referanserresultatene fra UWW. Årsaken til at disse funnene ikke samsvarer med våre funn kan være sammensatt. En mulig årsaksforklaring er ulik referansemetode. Konkret prosedyre for måling av hudfoldene er ikke oppgitt.

5.3 Anbefalinger for måling i militær sammenheng

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.

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 testleder har liten 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. Ut ifra funnene i denne studien ser weight manager formelen ut til å gi de mest valide resultatene for militært personell.

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. Validiteten til de nevnte variablene er ikke undersøkt i denne studien. 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. Ut ifra resultatene i denne studien ser det ikke ut til at fettprosent beregnet fra summen av tre hudfolder gir merkbart dårligere reliabilitet enn fettprosent beregnet fra fire eller syv hudfolder. Dette er også vist i litteraturen (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).

6 Konklusjon

Sammenliknet med DXA gir måling av fettprosent med RJI Quantum II - Weight Manager formel, reliable og valide resultater for norske krigsskolekadetter og vernepliktige soldater. Reproduserbarheten for RJI Quantum II, NHANES-III formel, er også god, men formelen overestimerte fettprosent for både menn og kvinner i dette utvalget. Reliabiliteten til InBody 720 er svært bra, men denne metoden underestimerte fettprosent med ca 2 %. BIA metodene kan i stor grad påvirkes av ernæringsstatus, væskebalanse, trening og temperatur. Derfor er standardisering av forberedelser og testing svært viktig ved måling med disse metodene.

Reliabiliteten til hudfoldsmålene var dårligere enn for BIA metodene. For de mannlige forsøkspersonene var det signifikant forskjell mellom test og retest. For de kvinnelige forsøkspersonene var det ingen forskjell mellom de to målingene. Årsaken til de registrerte test – retest forskjellene skyldes trolig påvirkning fra testleder. Testleder kan i stor grad påvirke resultatene ved hudfoldsmålinger. Dette underbygger viktigheten av standardisering av målinger og trening på måleprosedyre. Hvis kalipermålingene gjennomføres av erfarent testpersonell kan denne typen målinger være et godt alternativ i de situasjonene der forberedelsesrutiner vanskelig kan følges.

VI. Referanser

- 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. *Measurement 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 and older men and women. *J Appl Physiol*. 86(5): 1728-38
- 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
- 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

- 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
- 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
- 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
- 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
- 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 sunjeks 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
- 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
- Norgan, NG. (2005). Laboratory and field measurements of body composition. *Pub Healt 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/>
- Rössner S. Overvekt og fedme. I Bahr. R. (2008). *Aktivitetshåndboken, Fysisk aktivitet i forebygging og behandling*. Helsedir. 466-83
- Säfenbom R, Aanstad A, Skjetne K, Nilsen R, & Innselset S. (2007). *Prosjektbeskrivelse kadettutviklingsstudein 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.
- 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 of 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
- Wells JCK & Fewtrell MS. (2006). Measuring body composition. *Arch 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

VII. Tabelloversikt

<i>Tabell 3.1: Utvalgets fordeling med tanke på kjønn og tjenestested.....</i>	<i>s.21</i>
<i>Tabell 3.2: Inklusjon og eksklusjonskriteriene for deltakelse i studien, på skole og tjenestested.....</i>	<i>s.22</i>
<i>Tabell 3.3: Formler vi benyttet for beregning av "body density" og fettprosent fra hudfoldsmåling.....</i>	<i>s.29</i>
<i>Tabell 4.1: Antropometriske data ved første test.....</i>	<i>s.31</i>
<i>Tabell 4.2: Test og retest resultater for RJL Quantum II.....</i>	<i>s.32</i>
<i>Tabell 4.3: Test og retest resultater for InBody 720.....</i>	<i>s.32</i>
<i>Tabell 4.4: Test og retest resultater for hudfoldsmål og formler for beregning av fettprosent fra hudfold.....</i>	<i>s.33</i>
<i>Tabell 4.5: Test og retest resultater for DXA</i>	<i>s.34</i>
<i>Tabell 4.6: Reliabilitetsstatistikk for fettprosent for hele utvalget</i>	<i>s.35</i>
<i>Tabell 4.7: Validitetsstatistikk for fettprosent målt med de ulike metodene sammenliknet med DXA.....</i>	<i>s.38</i>

VIII. Figuroversikt

- Figur 2.1:** 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).....s.4
- Figur 3.1:** Gjennomføring av måling med RJL Quantum II.....s.26
- Figur 3.2:** Korrekt utgangsstilling for gjennomføring av måling med InBody 720.....s.27
- Figur 3.3:** Oppmåling av målepunktenes anatomiske plassering og hudfoldsmåling med Harpenden kaliper. Bildet viser åtte av ni målepunkter på menn.s.28
- Figur 4.1:** BA-plott for reliabilitet for beregnet fettprosent (BF). **A;** RJL Weight manager formel, **B;** RJL NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3 og **G;** Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)s.36
- Figur 4.2:** BA-plott for validitet for beregnet fettprosent (BF) hos menn. **A;** RJL Weight manager formel, **B;** RJL NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 og **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3, sammenliknet med Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)s.39
- Figur 4.3:** BA-plott for validitet for beregnet fettprosent (BF) hos kvinner. **A;** RJL Weight manager formel, **B;** RJL NHANES-III formel, **C;** InBody 720 **D;** Hudoldsmetode M-1/K-1 **E;** Hudfoldsmetode M-2/K-2 og **F;** Hudfoldsmetode M-3/K-3, sammenliknet med Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)s.40

IX. Vedlegg

Vedlegg 1: Godkjenning Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (sør-øst)

Vedlegg 2: Innmeldingsbekreftelse Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS

Vedlegg 3: Informasjon og samtykkeskjema

Vedlegg 4: Protokoll for hudfoldsmålingene i valideringsstudien



UNIVERSITETET I OSLO
DET MEDISINSKE FAKULTET

Stipendiat Anders Aandstad
Norges idrettshøgskole, Forsvarets institutt
Pb 4014 Ullevål Stadion
0806 Oslo

**Regional komité for medisinsk og helsefaglig
forskningsetikk Sør-Øst D (REK Sør-Øst D)**
Postboks 1130 Blindern
NO-0318 Oslo

Telefon: 22 85 05 93
Telefaks: 22 85 05 90

Dato: 19.08.09
Deres ref.:
Vår ref.: 2009/169

E-post: i.m.middelthun@medisin.uio.no
Nettadresse:
<http://helseforskning.etikkom.no/xnet/public>

**Vedr. svar på merknader for studien "Validering av måleinstrumenter for
kroppssammensetning"**

Komiteen behandlet svar på merknader 19.08.09. Prosjektet er vurdert etter gjeldende regelverk med tilhørende forskrifter.

Komiteen finner svarene tilfredsstillende, men ønsker at informasjonsskjemaet ikke påskrives navnene til seksjonssjefen og sjefen ved Luftkrigsskolen.

Vedtak:

Prosjektet godkjennes under forutsetning av at merknaden som er anført ovenfor blir innarbeidet for prosjektet settes i gang.

Komiteenes vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag. Klagen skal sendes REK Sør-Øst D. Klagefristen er tre uker fra den dagen du mottar dette brevet.

REK har gått over til elektronisk saksbehandling og fått ny saksportal: <http://helseforskning.etikkom.no>. Vi ber om at svar på merknader og henvendelser til REK sendes inn via denne portalen eller på epost: post@helseforskning.etikkom.no. Vennligst oppgi REKs saksnummer.

Med vennlig hilsen

Stein A. Evensen (sign.)
Professor dr.med.
leder

Ingrid Middelthun (sign.)
komitésekretær

UNIVERSITETET I OSLO
Det medisinske fakultet

Side 2 av 2

Kopi:

Anders McD Sookermany, Forskningsleder, Norges idrettshøgskole, Forsvarets institutt
anders.sookermany@nih.no

Brevet er godkjent elektronisk


Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS
 NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hårfagres gate 29
 N-5007 Bergen
 Norway
 Tel: +47-55 58 21 17
 Fax: +47-55 58 96 50
 nsd@nsd.uib.no
 www.nsd.uib.no
 Org.nr. 985 321 884

Anders Aandstad
 Forsvarets institutt
 Norges idrettshøgskole
 Postboks 4014 Ullevål stadion
 0806 OSLO

Vår dato: 24.07.2009

Vår ref: 22272 / 2 / AH

Deres dato:

Deres ref:

TILRÅDING AV BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 01.07.2009. Meldingen gjelder prosjektet:

22272

Validering av tre metoder for kroppssammensetningsanalyser: Inbody 720, RJL-system og kalipermåling Harpenden mot DXA-måling

*Behandlingsansvarlig
 Daglig ansvarlig
 Student*

*Norges idrettshøgskole, ved institusjonens øverste leder
 Anders Aandstad
 Kristian Holtberget*

Personvernombudet har vurdert prosjektet, og finner at behandlingen av personopplysninger vil være regulert av § 7-27 i personopplysningsforskriften. Personvernombudet tilrår at prosjektet gjennomføres.


Personvernombudets tilråding forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, eventuelle kommentarer samt personopplysningsloven/-helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, http://www.nsd.uib.no/personvern/forsk_stud/skjema.html. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://www.nsd.uib.no/personvern/prosjektoversikt.jsp>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 31.12.2014, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen


 Bjørn Henriksen


 Åsne Halskau

Kontaktperson: Åsne Halskau tlf: 55 58 89 26

Vedlegg: Prosjektvurdering

Kopi: Kristian Holtberget, Damvegen 6A, 1923 SØRUM

Avdelingskontorer / District Offices

OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no

TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyrre.svarva@vtt.ntnu.no

TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsd.maa@sv.uib.no

Personvernombudet for forskning



Prosjektvurdering - Kommentar

22272

Studien er en delstudie med formål å undersøke nøyaktigheten av målemetoden for beregning av kroppssammensetning i Kadettutviklingsstudien. Utvalget består av 35 kadetter fra Luftkrigsskolen i Trondheim, samt vernepliktige og befal fra Ørland Hovedflystasjon - totalt omlag 60 personer. Det vil gjennomføres medisinske tester og samles inn opplysninger om informantenes kroppsmasseindeks og kroppssammensetning.

Personvernombudet finner at behandlingen kan hjemles i personopplysningsloven §§ 8 første alternativ og 9 a) (samtykke). Det vil bli registrert sensitive personopplysninger om helse, jf. personopplysningsloven § 2 nr. 8, c).

Personvernombudet har mottatt informasjonsskriv og finner det tilfredstillende.

Studiet er et samarbeidsstudie mellom Norges Idrettshøgskole Forsvarets institutt, Luftkrigsskolen i Trondheim og Ørland Hovedflystasjon. Det er kun Norges Idrettshøgskole Forsvarets institutt som får tilgang til datamaterialet.

Prosjektslutt er angitt til 31.12.2014. Senest ved prosjektslutt skal selve datamaterialet anonymiseres som opplyst i informasjonsskriv. Anonymisering innebærer for det første at navnelisten (koblingsnøkkelen) slettes. For det andre at det skriftlige materialet anonymiseres ved at eventuelle indirekte identifiserbare opplysninger som framgår av datamaterialet, slettes eller omskrives på en slik måte at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes. Personvernombudet gjør for ordens skyld oppmerksom på at anonymiserte data kan lagres videre uten søknad om godkjenning.



Forespørsel om deltagelse i studien:

”Validering av fire metoder for kroppssammensetningsanalyser: Inbody 720, RJL-system og kalipermålingen Harpenden mot DXA-måling”

Innledning

Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt har for tiden et samarbeid med de tre Krigsskolene om å gjennomføre ”Kadettutviklingsstudien 07-11”. Studien har som mål å blant annet kartlegge utvikling i fysisk form, fysisk aktivitet og kroppssammensetning gjennom tre års krigsskolestudier.

Studiens mål

Vi ønsker nå å kvalitetssikre deler av datainnsamlingen i Kadettutviklingsstudien med et nytt delprosjekt med formål å undersøke nøyaktigheten på målemetoden for beregning av kroppssammensetning (fettprosent). Tre ulike metoder for beregning av fettprosent vil sammenlignes mot en kjent metode som betegnes som ”gullstandard”.

Utvalg

Alle 1. årskadetter ved Luftkrigsskolen, samt alle jenter (vernepliktige og befal under 40 år) ved Ørland Flystasjon, vil inviteres til å delta i studien. Totalt er det ønskelig at om lag 30 menn og 30 kvinner deltar i studien.

Metoder

Alle målinger gjennomføres om morgenen eller formiddagen. Forsøkspersonene skal møte fastende (siste måltid minimum 10 timer før måling), samt unngå meget hard fysisk aktivitet siste døgn før måling. Unngå røyking/snusing siste to timer før test. Du kan drikke vann som normalt før måling finner sted.

Det er planlagt at hver forsøksperson stiller til testing tre ganger i løpet av tre dager. En av målingene vil gjennomføres i Trondheim og dette vil ta om lag 8 timer. De to andre testdagene gjennomføres på Ørland og vil ta om lag 20 minutter hver gang.

Studien innebærer følgende datainnsamling:

- 1) Hudfoldsmåling. Tykkelsen på hudfold måles fem steder på kroppen. Det gjennomføres tre målinger på hvert sted. Målingen vil gjennomføres to ganger på forskjellige dager.
- 2) Bioimpedans – RJL. Forsøkspersonen ligger ned på en matte, og elektroder plasseres på henholdsvis høyre fot og hånd. Ved hjelp av elektriske impulser (10 sekunders måleperiode) måles kroppens ledningsmotstand for beregning av fettprosent. Målingen vil gjennomføres to ganger på forskjellige dager.
- 3) Bioimpedans – InBody 720. Forsøkspersonene står på maskinens gulvplate og holder i håndtakene med fast grep og tommel på angivelig sted. Forsøkspersonen står i ro uten å snakke under hele testen. Testtiden er ca 2 minutter. Målingen vil gjennomføres to ganger på forskjellige dager.

- 4) DXA. Forsøkspersonen legger seg ned på ryggen på en benk. Målingen gjennomføres ved at forsøkspersonen scannes mens vedkommende ligger i ro på benken. Måletiden er om lag 3:30 minutter. Målingen vil gjennomføres en gang i løpet av prosjektet.

Risiko ved deltagelse

DXA-målingene innebærer helkroppsscanning. DXA-maskinen benytter røntgenstråler, men i forhold til regulære røntgenbilder er stråledosen fra DXA beskjeden, og utgjør således ingen eller minimal helserisiko. Stråledosen ved DXA tilsvarer tre dagers normal stråling ved opphold på jordoverflaten. Ingen risiko ansees ved gjennomføring av bioimpedansmåling eller hudfolds-måling.

Fordeler ved deltagelse

Studien vil blant annet gi deg objektive mål på din kroppssammensetning sammenlignet med andre kadetter, vernepliktige og normalbefolkningen. Egne testresultater vil bli tilgjengelig i etterkant av studien for de som måtte ønske dette. Du vil få mulighet til å snakke med fagpersonell tilknyttet studien for personlig tilbakemelding rundt spørsmål du måtte ha vedrørende dine egne målinger.

Anonymitet og etiske spørsmål

Det er frivillig å delta i studien. Du har anledning til å unnlate å delta på enkelte av testene og du har full rett til å trekke deg fra undersøkelsen når som helst, uten å måtte oppgi årsaken til dette. Dette vil ikke få konsekvenser for deg i din videre tjeneste i Forsvaret. Du kan kreve å få slettet dine innsamlede data hvis ønskelig (gjelder ikke dersom dataene allerede inngår i vitenskapelig publikasjoner). Målingene tatt på deg og informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Det er kun prosjektleder på Forsvarets Institutt ved Norges idrettshøgskole som vil ha tilgang på personidentifiserbare data (koblingsnøkkel), og vedkommende har taushetsplikt. Personidentifiserbare data kan ikke spores av personell på Krigsskolene eller på Ørland og alle data vil anonymiseres i ut-rapporteringen. Data fra studien vil ikke benyttes i kommersiell sammenheng. Prosjektet vil sluttføres 31.12.2014 ved at datamaterialet da vil anonymiseres. Studien er innmeldt til Norsk Samfunnsvitenskaplig Datatjeneste og Regional komité for medisinsk forskningsetikk.

Informert samtykke

Studien krever samtykke fra potensielle forsøkspersoner og vi ber deg derfor om å fylle ut slippen på neste siden hvis du ønsker å delta i studien. Eventuelle spørsmål om studien kan rettes til prosjektleder Anders Aandstad (se kontaktinformasjon under)

Dersom du ønsker å delta i studien undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Dersom du senere ønsker å trekke deg tar du kontakt med prosjektleder Aandstad ved Norges idrettshøgskole Forsvarets institutt (ansvarlig institusjon).

Med vennlig hilsen

Anders Aandstad

Prosjektleder valideringsstudie

Norges idrettshøgskole Forsvarets Institutt

Pb. 4014 Ullevål Stadion

0806 Oslo

E-post: anders.aandstad@nih.no

Tlf: 23 26 21 18/950 73 842

Anders Aandstad
Prosjektleder NIH/F

Anders McD Sookermany
Seksjonssjef NIH/F

Kristian Holtberget
Masterstudent NIH



Samtykke til deltagelse i studien ”Validering av fire metoder for kroppssammensetningsanalyser”

Jeg er villig til å delta i studien

(Signatur, dato)

Protokoll for hudfoldsmåling i valideringsstudien.

Alle målinger tas når subjektet står oppreist og slapper av (utenom *medial calf* som måles sittende). Alle målingene tas på subjektets høyre side.

Protokoll Menn:**Triceps**

Klypested er ved midten av lengden av overarmen, over triceps muskelen. For å måle midten av overarmen trekkes en linje fra laterale utstikker på acromion til inferiore del av olekranen leddet til ulna. Midten markeres med en strek når albuen er flektert i 90 grader. Klypested er der linjen fra midten møter senter av triceps muskelen. Hudfolden måles vertikalt, klyp med fingrene på oversiden av målepunkt og mål med kaliper 1 cm under egen hånd.

Scapula

Klypested er inferior for inferiore spiss på scapula. Subjektet står oppreist med avslappet overkropp. Palper scapula og følg indre kant ned til spissen. Hudfolden måles 1,5 cm under spissen i samme retning som spissens bue. (relativt horisontalt).

Chest

Hudfolden skal ha være fra armhulen i retning av brystvorten. Hudfolden lokaliseres på den anteriore delen av muskelen så høyt som mulig. Tykkelsen måles med kaliper 1 cm inferior for dette.

Axilla

Klypested er på høyde med Xiphi-sternal grop, på siden av kroppen. Målepunkt er der linjen fra sternumgropen møter linjen mellom armhulen og senter av hoftebenet. Hudfold måles horisontalt. Subjektet står oppreist, pass på at han/hun ikke lener seg vekk fra- eller mot den siden som måles.

Ilium

Klypested er på midtakselinjen, like ovenfor iliac crest (1 cm). Subjektene står oppreist med samlede ben. Armene henger ned langs siden og kan beveges noe ut fra kroppen for å komme lettere til. Hudfolden klypes horisontalt langs kanten på hoftebenet (iliac crest).

Abdomen

Subjektet står oppreist og slapper av i magemusklene så mye som mulig. Det kan være hensiktsmessig om subjektet begrenser eller stopper pusting i det øyeblikket målingen tas. Klypested er 3 cm lateralt for senter av navlen og 1 cm inferior for dette. Hudfolden klypes horisontalt.

Thigh

Klypested er i midten av anteriore side av låret, midt mellom inguinal crease og proximalt på patella. Subjektet flekterer hoften for å lokalisere inguinal crease. Punktet på patella lokaliseres mens subjektet står med ekstendert ben (ikke stramme). Subjektet står oppreist når klypingen gjøres. Vekten skiftes til det andre benet når målingen gjøres. Hele foten skal ha kontakt med underlaget. Hudfolden klypes vertikalt.

Medial Calf

Subjektet setter høyre for på en høyde slik at kneleddet er flektert ca 90 grader. Alternativt kan subjektet sitte på en stol med kneleddet i samme posisjon. Målepunktet er det omkretsen av leggen er størst, på medial side. Klypepunktet er der linjen rundt tykkeste del av leggen møter vertikal linje fra midten av kneleddet mot mediale maleol. Hudfolden måles vertikalt.

Biceps

Klypestedet er over midten av biceps buken, 1cm superior for linjen markert for å måle triceps. Subjektet står oppreist med avslappet arm og håndflaten i en lett subinert posisjon. Hudfolden måles vertikalt (samme som triceps).

Protokoll Kvinner:**Triceps**

Klypested er ved midten av lengden av overarmen, over triceps muskelen. For å måle midten av overarmen trekkes en linje fra laterale utstikker på acromion til inferiore del av olekranen leddet til ulna. Midten markeres med en strek når albuen er flektert i 90 grader. Klypested er der linjen fra midten møter senter av triceps muskelen. Hudfolden måles vertikalt, klyp med fingrene på oversiden av målepunkt og mål med kaliper 1 cm under egen hånd.

Scapula

Klypested er inferior for inferiore spiss på scapula. Subjektet står oppreist med avslappet overkropp. Palper scapula og følg indre kant ned til spissen. Hudfolden måles 1,5 cm under spissen i samme retning som spissens bue. (relativt horisontalt).

Ilium

Klypested er på midtakselinjen, like ovenfor iliac crest (1 cm). Subjektene står oppreist med samlede ben. Armene henger ned langs siden og kan bevegges noe ut fra kroppen for å komme lettere til. Hudfolden klypes horisontalt langs kanten på hoftebenet (iliac crest).

Abdomen

Subjektet står oppreist og slapper av i magemusklene så mye som mulig. Det kan være hensiktsmessig om subjektet begrenser eller stopper pusting i det øyeblikket målingen tas. Klypested er 3 cm lateralt for senter av navlen og 1 cm inferior for dette. Hudfolden klypes horisontalt.

Thigh

Klypested er i midten av anteriore side av låret, midt mellom inguinal crease og proximalt på patella. Subjektet flekterer hoften for å lokalisere inguinal crease. Punktet på patella lokaliseres mens subjektet står med ekstendert ben (ikke stramme). Subjektet står oppreist når klypingen gjøres. Vekten skiftes til det andre benet når målingen gjøres. Hele foten skal ha kontakt med underlaget. Hudfolden klypes vertikalt.

Medial Calf

Subjektet setter høyre for på en høyde slik at kneleddet er flektert ca 90 grader. Alternativt kan subjektet sitte på en stol med kneleddet i samme posisjon. Målepunktet er det omkretsen av leggen er størst, på medial side. Klypepunktet er der linjen rundt tykkeste del av leggen møter vertikal linje fra midten av kneleddet mot mediale maleol. Hudfolden måles vertikalt.

Biceps

Klypestedet er over midten av biceps buken, 1cm superior for linjen markert for å måle triceps. Subjektet står oppreist med avslappet arm og håndflaten i en lett supinert posisjon. Hudfolden måles vertikalt (samme som triceps).