

Thomas A. Valnes

Fysiologiske responser ved militær feltøvelse

Kjønnsforskjeller og sammenhenger i endringer av fysisk prestasjon og kroppsmasse hos norske infanterisoldater under og etter militær feltøvelse med multifaktorielt stress

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2018

Sammendrag

Hensikt: Hensikten med masteroppgaven var å undersøke mulige forskjeller mellom kvinnelige og mannlige infanterisoldater i endringer i kroppssammensetning og fysisk prestasjon under og etter en krevende militær feltøvelse. Videre var hensikten å undersøke sammenhenger mellom endringene.

Metode: 14 kvinnelige og 19 mannlige infanterisoldater gjennomførte spensttest (svikthopptest), kondisjonstest (bip-test) og anaerob evakueringstest (EVAK-test), samt måling av kroppssammensetning før (baseline), rett etter (post0), 24 timer etter (post0+24) og 72 timer etter (post0+72) en fem dagers militær øvelse. Øvelsen ble gjennomført i vinterklima og inneholdt tradisjonelle infanterioperasjoner til fots og med bruk av lette terrenggående beltekjøretøy. Individuell stridsutrusting ble veid før øvelsen. Energiomsetning og energiinntak ble målt under øvelsen og energibalansen ble beregnet fra disse.

Resultater: Menn hadde 14,3 kg (21 %) større kroppsmasse og 12,1 kg (41 %) større muskelmasse enn kvinner, mens kvinner hadde 5,4 kg (33 %) større fettmasse enn menn ved baseline ($p < 0,01$). Menn oppnådde 2,5 (20 %) høyere nivå i bip-test enn kvinner ($p < 0,01$), tilsvarende $9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (15 %) større predikert maksimalt oksygenopptak ($p < 0,01$), gjennomførte EVAK-testen 3,4 sek (20 %) raskere enn kvinner ($p < 0,01$), hoppet 11,6 cm (28 %) høyere enn kvinner ($p < 0,01$), samt oppnådde 1540 W (35 %) større maksimal effekt under svikthopp enn kvinner ($p < 0,01$) ved baseline. Ved baseline var det en moderat negativ korrelasjon for menn ($r = -0,49$) og sterk negativ korrelasjon for kvinner ($r = -0,62$) mellom absolutt fettmasse (kg) og resultat på bip-testen. Det var en negativ korrelasjon for menn ($r = -0,60$) mellom absolutt muskelmasse (kg) og EVAK tid (sek). Det var sterk korrelasjon mellom absolutt muskelmasse (kg) og maksimal effekt i svikthopp (W) for både kvinner ($r = 0,75$) og menn ($r = 0,9$).

Menn hadde 19 % større total energiomsetning pr døgn under øvelsen (3881 ± 489 kcal pr døgn) enn kvinner (3145 ± 373 kcal pr døgn, $p < 0,001$), på grunn av større (23 %) basalenergiomsetning ($p < 0,001$). Aktivitetsenergiomsetningen var ikke signifikant forskjellig, hvorav 1620 ± 336 kcal pr døgn for kvinner, og 1910 ± 573 kcal pr døgn for menn. Det var en trend ($p = 0,07$) til at menn hadde større energiinntak (2864 ± 631 kcal

pr døgn) enn kvinner (2381 ± 796 kcal pr døgn). Den estimerte energibalansen var ikke signifikant forskjellig mellom kvinner (-764 ± 720 kcal pr døgn) og menn (-1016 ± 963 kcal pr døgn). Det var ikke signifikant forskjell mellom vekt av stridsutrustningen ($43,1 \pm 11,2$ kg for kvinner og $44,2 \pm 16,0$ kg for menn).

Det var ingen signifikante forskjeller i endringen av kroppssammensetning eller fysisk prestasjon mellom kjønnene under øvelsen, eller i restitusjonsperioden i etterkant. Begge kjønn reduserte total kroppsmasse og fettmasse under øvelsen, med henholdsvis $1,6 \pm 0,5$ kg ($2,3 \pm 0,8$ %) og $1,2 \pm 0,7$ kg ($8,3 \pm 4,7$ %) for kvinner ($p < 0,05$), og $2,1 \pm 1,1$ kg ($2,6 \pm 1,4$ %) og $1,5 \pm 0,7$ kg ($15,3 \pm 9,5$ %) for menn ($p < 0,05$). Muskelmassen endret seg ikke signifikant for noen av kjønnene. Kroppsmassen og fettmassen restituerte tilbake mot baseline i restitusjonsperioden for begge kjønn ($p < 0,05$), men kun kvinner var helt tilbake etter 72 timer. Mennene hadde $0,8 \pm 1,3$ kg ($1,1 \pm 1,5$ %) lavere kroppsmasse ved post72 i forhold til baselineverdi ($p < 0,05$). Kvinnene hadde $0,7 \pm 0,8$ kg ($4,9 \pm 5,0$ %) og mennene hadde $0,9 \pm 0,4$ kg ($9,8 \pm 6,8$ %) lavere fettmasse ved post72 i forhold til baselineverdi ($p < 0,05$).

Kvinner reduserte ikke fysisk prestasjon under øvelsen og prestasjonen var stabil i restitusjonsperioden. Menn økte prestasjonen i bip-test fra baseline til post24 ($p < 0,05$) med $0,52 \pm 0,44$ nivå ($4,2 \pm 3,7$ %). Økningen tenderte til å være signifikant ved post72 ($4,0 \pm 3,9$ %) i forhold til baseline ($p = 0,08$). Maksimal effekt i svikthopp ble redusert under øvelsen for menn ($p < 0,05$) med 197 ± 230 W ($4,4 \pm 4,83$ %). Denne ble ikke restituert i løpet av restitusjonsperioden, og var 252 ± 221 W ($-5,6 \pm 2,73$ %) lavere ved post72 i forhold til baselineverdi. Prestasjon i EVAK-test og hopp høyde i svikthopp endret seg ikke mellom noen av tidspunktene for noen av kjønnene.

Det var en sterk korrelasjon mellom absolutt fettmasse ved baseline og endring av denne under øvelsen for kvinner ($r = 0,77$). Det var en sterk positiv korrelasjon mellom energibalansen og endringen av hopp høyde i svikthopp for kvinner ($r = 0,59$), og en sterk negativ korrelasjon mellom endring i prestasjon i bip-test og endring i muskelmasse for menn under øvelsen ($r = -0,57$). I restitusjonsperioden var det en sterk negativ korrelasjon mellom endring av hopp høyde i svikthopp og endring i fettmasse for menn ($r = -0,54$).

Konklusjon: Innholdet i øvelsen ga en lav belastning på deltakerne i studien, som førte til liten grad av multifaktorielt stress. Det ble ikke funnet forskjeller mellom kjønnene i endringer av fysisk prestasjon eller kroppssammensetning under øvelsen eller i restitusjonsperioden i etterkant. Menn reduserte maksimal effekt i svikthopp under øvelsen, som ikke ble fullstendig restituert i løpet av restitusjonsperioden. Menn økte prestasjonen i bip-test i restitusjonsperioden i forhold til baseline. Det var få signifikante korrelasjoner mellom endringer av fysisk prestasjon og kroppssammensetning i de kjønnsvisse endringene.

Nøkkelord: Infanterisoldat, kvinnelig soldat, allmenn verneplikt, kjønnsforskjeller, militær øvelse, multifaktorielt stress, fysiologiske responser, energiomsetning, vektbelastning, fysiske kapasiteter, kroppssammensetning, restitusjon.

Innhold

Innhold	6
1. Innledning.....	10
1.1 Problemstilling	12
1.2 Hypoteser	12
2. Teori	13
2.1 2. Bataljon	13
2.2 Fysiske kapasiteter	14
2.2.1 Kondisjon	14
2.2.2 Anaerob energifrigjøring	15
2.2.3 Styrke og eksplosivitet	16
2.2.4 Kjønnforskjeller i fysiske kapasiteter og kroppssammensetning	19
2.3 Multifaktorielt stress.....	20
2.3.1 Kjennetegn ved militære feltøvelser	20
2.3.2 Energiomsetning under militære øvelser	20
2.3.3 Energibalanse og energiregulering	21
2.3.4 Tretthet og kjønnforskjeller i tretthet.....	22
2.3.5 Fysiologiske konsekvenser ved militære feltøvelser	26
2.4 Restitusjon.....	28
2.4.1 Kjønnforskjeller i restitusjon etter fysiske belastninger.....	28
2.4.2 Kjønnforskjeller i restitusjon etter militære øvelser	29
3. Metode	30
3.1 Forskningsprosjektet	30
3.1.1 Utvalg.....	30
3.1.2 Forskningsprosjektets design.....	31
3.1.3 Testdagene.....	32
3.2 Fysisk prestasjon.....	32
3.2.1 Svikthopptesten.....	32
3.2.2 EVAK-testen.....	33
3.2.3 Bip-testen.....	34
3.3 Måling av kroppssammensetning, kroppslengde og stridsutrustning	35
3.3.1 Kroppssammensetning	35
3.3.2 Kroppslengde.....	36
3.3.3 Stridsutrustning.....	36
3.4 Beregning av energiinntak, energiomsetning og energibalanse.....	37
3.4.1 Energiinntak.....	37
3.4.2 Energiomsetning og energibalanse	38
3.5 Feltøvelsen	38

3.6	Beregninger og behandlinger av data	39
3.6.1	Minste gruppestørrelser	39
3.6.2	Databehandling	39
3.6.3	Manglende verdier	39
3.6.4	Statistiske analyser	39
3.7	Etiske aspekter	40
3.7.1	Godkjenning av forskningsprosjektet.....	40
3.7.2	Sikkerhet og risiko ved deltakelse i studien.....	40
3.7.3	Påvirkning fra befal og offiserer	40
4.	Resultater	41
4.1	Baseline	41
4.1.1	Deskriptive data	41
4.1.2	Korrelasjoner	43
4.2	Energidata og vektbelastning	44
4.2.1	Forskjeller mellom kjønnene	44
4.2.2	Individuelle forskjeller	45
4.3	Endringer fra baseline	46
4.3.1	Endringer av kroppssammensetning og fysisk prestasjon	46
4.4	Sammenhenger i endringer under øvelsen	49
4.4.1	Korrelasjon mellom baseline fettmasse og endring under øvelsen	49
4.4.2	Korrelasjoner mellom energibalanse og endring av kroppssammensetning og fysisk prestasjon	49
4.4.3	Korrelasjoner mellom endring av fysisk prestasjon og kroppssammensetning	50
4.5	Sammenhenger mellom endringer i restitusjonsperioden	51
4.5.1	Korrelasjoner mellom endringer av fysisk prestasjon og kroppssammensetning	51
5.	Diskusjon	52
5.1	Oppsummering hovedfunn	52
5.2	Baselineresultater	53
5.2.1	Kroppsmasse.....	53
5.2.2	Kondisjon	53
5.2.3	Anaerob effekt	54
5.2.4	Eksplisiv styrke	55
5.3	Energidata	55
5.4	Endring av kroppssammensetning	57
5.5	Endring av fysisk prestasjon	60
5.5.1	Prestasjon på bip-test.....	60
5.5.2	Anaerob effekt	62
5.5.3	Eksplisiv styrke – maksimal effekt	64
5.5.4	Eksplisiv styrke – hopp høyde	68
5.5.5	Oppsummering og praktiske konsekvenser	69

6. Konklusjon	71
Referanser	72
Tabelloversikt.....	89
Figuroversikt	90
Vedlegg	93

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet som en del av et større forskningsprosjekt, «Allmenn verneplikt», i regi av Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI). Som yrkesoffiser i Hæren og masterstudent ved NIH, har jeg fått mulighet å binde sammen FFI, NIH og Hæren, hvor elementer innenfor det fysiologiske og militærfaglige aspektet er kombinert i en og samme oppgave. Det har vært meget spennende og givende å ta del i et slikt prosjekt, og skrive masteroppgave med en hyperaktuell problemstilling knyttet til innføring av allmenn verneplikt i Forsvaret og Hæren. Dette har gitt et relevant bidrag til ytterligere kompetanseheving innen fagområdet *militær idrett og trening* jeg jobber innenfor i Hæren.

Det siste året har vært krevende, men jeg har kommet meg gjennom takket være hjelp og støtte fra flere. Først og fremst takk til min kjære samboer Lene. Det hadde ikke vært mulig å fullføre masterutdanningen i kombinasjon med jobb og familieliv, uten støtte, tilrettelegging og motivering fra deg. Takk også til Ada Olea og Delvin for å ha gitt meg inspirasjon og drivkraft i en hektisk hverdag.

Takk til veileder Olav Vikmoen ved FFI og biveileder Truls Raastad ved NIH for svært gode og konstruktive tilbakemeldinger og hjelp i prosessen. Det hadde ikke vært mulig å gjennomføre masterutdanningen ved NIH, bidratt i prosjektet til FFI og produsert dette kunnskapsbidraget uten tilrettelegging fra mine overordnede sjefer i Brigade Nord og Hæren de siste fem årene, og i særlig grad generalmajor Odin Johannessen. En takk til dere. Takk også til seksjon for fysisk prestasjonsevne ved NIH og 2.Bataljon for å ha tilrettelagt for at studien kunne gjennomføres, samt til deltakerne i studien. Videre rettes en takk til øvrige jeg har samarbeidet med i prosjektet ved FFI, og for at jeg har fått tatt del og bidratt i prosjektet. Sist men ikke minst, takk til min mor, og øvrige familie og venner som har bidratt til å få en hektisk hverdag til å gå opp.

Thomas A. Valnes

Bardufoss, mai 2018

1. Innledning

Forsvaret opererer i en rekke domener, og har ulike og komplekse oppgaver (Forsvarets høgsskole, 2014). Ny teknologi har utfordret hvordan militærmakt anvendes, og alt tyder på at utviklingen av teknologiske krigssystemer vil fortsette. Dog har foreløpig ikke teknologien triumferet over den menneskelige dimensjonen i krig (Cordesman, 2014), og dermed utgjør soldater og deres kapasiteter fortsatt vesentlige faktorer i deler av moderne krigføring. Fortsatt anvender man infanteriavdelinger i Hæren, hvor fysiske belastninger i kombinasjon med andre stressfaktorer, som eksponering av kulde, frykt, søvndeprivasjon og redusert energiinntak, kan gi stor grad av multifaktorielt stress under øvelser og operasjoner (Bækken & Teien, 2016; Henning, Park, & Kim, 2011). Det multifaktorielt stresset fører til mange fysiologiske forandringer i organismen, som igjen kan påvirke og redusere stridsevnen.

Det stilles store fysiske krav til infanterisoldater på grunn av operasjonsmønsteret til fots. Vekten av stridsutrustningen for infanterisoldater har økt de senere årene, siden den teknologiske utviklingen har ført til flere våpensystemer, ammunisjonstyper og stridsutrusting (Aandstad, 2011; NATO research & technology organization, 2009). Derfor vil ulike fysiske kapasiteter som maksimal og eksplosiv styrke, anaerob kapasitet og effekt, kondisjon og aerob utholdenhet, fortsatt være svært sentrale kapasiteter for infanterisoldater i fremtiden. Disse kan påvirkes og reduseres ved øvelser og operasjoner med stor grad av multifaktorielt stress, som igjen kan ta lang tid å restituere tilbake. Flere tidligere studier gjennomført på mannlige soldater viser til dels store endringer av blant annet kroppssammensetningen og fysisk prestasjon ved korte øvelser (Guezennec, Satabin, Legrand, & Bigard, 1994; Hackney, Shaw, Hodgdon, Coyne, & Kelleher, 1991; Hoyt et al., 2006; Legg & Patton, 1987; Margolis et al., 2014; Nindl et al., 2002; Welsh et al., 2008) og langvarige øvelser (Nindl et al., 2007; Nindl et al., 1997).

I 2015 besluttet Stortinget å innføre kjønnsnøytral allmenn verneplikt (Forsvarsdepartementet, 2016), og pr dags dato utgjør andelen kvinnelige vernepliktige 17 % i Forsvaret og 15 % i Hæren¹. Den vernepliktige kvinneandelen er ventet å øke

¹ Opplyste tall fra Forsvarets personell og vernepliktssenter (FPVS) pr epost

ytterligere de kommende årene både i det norske forsvaret, men også i andre nasjoners forsvar (Tepe, Yarnell, Nindl, Van Arsdale, & Deuster, 2016). Siden menn har representert majoriteten av soldatmassen i verdens nasjoner, er forskning på fysiologisk respons på multifaktorielt stress og hvordan dette påvirker stridsevnen, nesten utelukkende gjort på menn. En økende kvinneandel gir nettopp også et kunnskapsbehov for å undersøke dette for kvinner (Bækken & Teien, 2016; Tepe et al., 2016). Kun studien til Hoyt et al. (2006) har inkludert kvinnelige soldater i en øvelse med stor grad av multifaktorielt stress, hvor det ble funnet indikasjoner på forskjeller i metabolismen hvor kvinnene reduserte mer fettmasse enn menn, og menn mer muskelmasse enn kvinner. Hvordan dette påvirket fysisk prestasjon ble dog ikke undersøkt, men siden muskelmasse utgjør en viktig faktor i prestasjon i noen fysiske kapasiteter, kan en større reduksjon av muskelmasse i teorien redusere fysisk prestasjon i større grad enn fettmasse.

Det finnes videre et fåtall studier som har undersøkt fysiologiske responser for andre relevante grupper enn soldater, som for ultrautholdenhetsutøvere hvor kvinner også er inkludert, hvor man har funnet indikasjoner på større fettoksideringsevne for kvinner enn menn, som igjen kan føre til at kvinner har bedre utholdenhet enn menn (Carter, Rennie, & Tarnopolsky, 2001; Horton, Pagliassotti, Hobbs, & Hill, 1998; Maher, Akhtar, Vockley, & Tarnopolsky, 2010; Mittendorfer, Horowitz, & Klein, 2002; Roepstorff et al., 2002; Roepstorff et al., 2006; Tarnopolsky, 2000, 2008). Årsaksmekanismene kan ha sammenheng med biologiske forskjeller i det endokrine systemet (Friedlander et al., 1998; Horton et al., 1998) gjennom større østrogenmengde hos kvinner som gir bedre fettoksideringsevne ved arbeid på lave intensiteter (Lundsgaard & Kiens, 2014; Oosthuyse & Bosch, 2012; Purdom, Kravitz, Dokladny, & Mermier, 2018; Tarnopolsky, 2008; Tarnopolsky & Ruby, 2001), større intracellulær triacylglycerol lagre (Roepstorff et al., 2002; Steffensen, Roepstorff, Madsen, & Kiens, 2002) som kan gi en økt tilgang til fettsyrer i nedbrytingen i mitokondriene, og større konsentrasjoner av leptin (Havel, Kasim-Karakas, Dubuc, Mueller, & Phinney, 1996) som øker fettnedbrytingen fra fettvev. Dog ser foreløpig funnene ut til å være usikre, og forskning som inkluderer kvinnelige soldater er derfor særdeles relevant for å undersøke mulige forskjeller mellom kjønn nærmere.

Det virker videre å være store mangler på studier som har undersøkt restitusjon hos soldater etter øvelser med stor grad av multifaktorielt stress (Bækken & Teien, 2016). Det er kun funnet en studie (Nindl et al., 1997) som har undersøkt restitusjon av kroppsmasse og fysisk prestasjon i sammenheng, men dog kun på mannlige soldater og over en svært lang restitusjonsperiode. Det er derfor nødvendig med flere studier for å undersøke restitusjonsforløpet av kroppsmassen og fysisk prestasjon de første døgnene etter øvelser med multifaktorielt stress for begge kjønn. Videre er det relevant med studier som sammenlikner restitusjonen mellom kjønnene for å undersøke mulige teorier om at kvinners større naturlige fettmasse og eventuelle bedre fettoksideringsevne, også kan føre til raskere restitusjon av fettmassen fremfor muskelmassen i etterkant, og motsatt for menn, og om dette i så fall fører til en raskere restitusjon av fysisk prestasjon for menn.

Kunnskapsmanglene innen mulige kjønnsforskjeller i fysiologiske responser ved øvelser med høy grad av multifaktorielt stress og i restitusjonen i etterkant, gir derfor særdeles relevante forskningsområder og danner grunnlaget for problemstillingen i denne masteroppgaven

1.1 Problemstilling

Hensikten med masteroppgaven var å undersøke om det er forskjeller mellom kvinnelige og mannlige norske infanterisoldater i endringen av kroppssammensetning og fysisk prestasjon i løpet av en fem dagers lang infanteriøvelse med multifaktorielt stress, etterfulgt av en tre dagers lang restitusjonsperiode. Videre var hensikten å undersøke sammenhenger mellom endringene.

1.2 Hypoteser

- Kvinner vil redusere mer fettmasse og mindre muskelmasse enn menn, og vis versa i løpet av øvelsen.
- Menn vil ha større reduksjon i fysisk prestasjon enn kvinner under øvelsen.
- Menn vil restituere muskelmassen og fysisk prestasjon raskere enn kvinner, mens kvinner vil restituere fettmassen raskere enn menn, etter øvelsen.

2. Teori

2.1 2. Bataljon

Forsvaret har en rekke oppdrag og oppgaver i inn og utland, alene og i samarbeid med andre nasjoner og NATO alliansen (Forsvarets høgsskole, 2014). Hæren utgjør den landmilitære delen i Forsvaret, og har som hovedoppgave å sikre territoriell kontroll på bakken (Forsvaret, 2018). I Hæren er det Brigade Nord med sine bataljoner, som er den viktigste aktøren dersom det er behov for å gjennomføre militære konvensjonelle bakkeoperasjoner. 2. Bataljon (2. Bn) er en infanteriavdeling som utgjør en av tre manøveravdelinger i Brigade Nord. Bataljonen operer til fots, på ski og med truger, og bærer tidvis stor stridsutrustningsvekt. De anvender i tillegg terrenggående kjøretøy, som beltevogn, sekshjuling og snøscooter. Under operasjoner utfører bataljonen i grovt enten offensive operasjoner hvor man angriper en fiende eller tar et lende eller område, eller defensive operasjoner hvor man holder og forsvarer et lende eller område (Forsvaret, 2016). Bataljonen skal være spesialisert på operasjoner i arktisk klima, og har tilholdssted på Skjold i Indre Troms, hvor klimaet er til dels strengt særlig vinterstid.

Bataljonen er en vernepliktsavdeling, og har derfor en andel kvinnelige vernepliktige med bakgrunn i innføringen av kjønnsnøytral verneplikt (Forsvarsdepartementet, 2016). Bataljonen består av to geværkompanier som er spesialisert for strid til fots og skal kunne gjennomføre angrep og forsvarsoperasjoner under alle typer forhold og områder. Videre består bataljon av en kvaleriseskadron som er spesialisert på patruljering, skarpskyting og oppklaring, og ett støttekompani som inkluderer kapasiteter innenfor ildstøtte, samband, sanitet, logistikk og reparasjon/bergning (Forsvaret, 2017). 2. Bn er den konvensjonelle avdelingen i Hæren som sannsynligvis opplever de største fysiske påkjenningene under operasjoner nettopp med bakgrunn i operasjonsmønsteret, og soldatene i avdelingen bør inneha visse fysiske kapasiteter for at avdelingen skal være stridsdyktig. De kapasitetene som er anvendt og målt i masteroppgaven er videre beskrevet.

2.2 Fysiske kapasiteter

2.2.1 Kondisjon

Kondisjon er et begrep som er synonymt med organismens maksimale hastighet på den aerobe energiomsetningen. Dette omtales som det maksimale oksygenopptaket (VO_2 maks) (Frøyd, Sæterdal, & Wisnes, 2005). VO_2 maks avhenger i stor grad av sentrale faktorer; hjertets pumpekapasitet og blodmengde i organismen. Dette kan forklares ved Fick's likning, $VO_2 \text{ maks} = MV \text{ maks} \times a-v O_2 \text{ differanse maks}$. (Bassett, 2000; Joyner & Coyle, 2008; Åstrand & Rodahl, 2003). $MV \text{ maks}$ er det maksimale minuttvolumet blod hjertet kan levere. Dette avhenger av produktet slagvolum (SV) x hjertefrekvens pr min ($HF \cdot \text{min}^{-1}$), hvor SV er mengde blod venstre ventrikkel leverer pr hjerteslag, mens HF er antall slag pr min. A-v O_2 differanse maks er differansen av oksygenmengden i blodet mellom den arterielle og venøse siden av musklene, og avgjøres av den oksidative kapasiteten i musklene. SV avhenger av et sterkt hjerte, høyt kammervolum særlig i venstre ventrikkel og av blodvolumet. Den maksimale aerobe energiomsetning kan kun holdes i en relativt kort varighet, på grunn av rask akkumulert tretthet (Baker, McCormick, & Robergs, 2010; Enoksen, Tjelta, Tønnessen, & Hallén, 2013; Frøyd et al., 2005).

VO_2 maks kan måles og predikeres på flere måter, hvor bip-testen utviklet av Leger & Lambert (1982), er en måte man indirekte kan estimere VO_2 maks. Flere studier har undersøkt testens validitet mellom prestasjon i bip-test og VO_2 maks målt gjennom spirometri for ulike grupper (Cooper, Baker, Tong, Roberts, & Hanford, 2005; Flouris, Metsios, & Koutedakis, 2005; L. Leger & Gadoury, 1989; Ramsbottom, Brewer, & Williams, 1988; Stickland, Petersen, & Bouffard, 2003) hvor korrelasjonen (Pearsons r) ligger mellom 0,67-0,69. Aandstad, Holme, Berntsen, & Anderssen (2011) fant en korrelasjon (Pearsons r) på 0,69 og en intraclass correlation coefficient (ICC) på 0,96 i deres studien med anvendelse av 59 norske mannlige heimevernssoldater og 30 luftkrigsskolekadetter.

Siden kondisjon utgjør en vesentlig fysisk kapasitet for soldater, og er en viktig premissbærer for alt fysisk arbeid som vedvarer ut over 60-90 sekunder, er det fastsatt krav til kondisjon for alt militært personell i Forsvaret, målt gjennom 3000-meter løpetest eller bip-test (Forsvarets Høgskole, 2016). Dog er kravene differensiert hvor de avdelinger og stillinger som opplever de største fysiske belastningene på stridsfeltet, har

de strengeste kravene til kondisjon. Kravene er videre også differensiert mellom kjønn og alder, for å ta høyde for menns gjennomsnittlige større kondisjon enn kvinner, og ved naturlig reduksjon av kondisjon ved aldring. For vernepliktige i 2.Bn utgjør kravene til 3000-meter testtid og bip-test henholdsvis 14:00 min og 9:8 (nivå:antall lengder løpt på nivået) for kvinner og 13:00 min og 10:7 (nivå:antall lengder løpt på nivået) for menn². Bip-test kravene tilsvarer predikert maksimalt oksygenopptak på ca. $46 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for kvinner og $49 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for menn beregnet etter Wood (2008) og Aandstad et al. (2011).

2.2.2 Anaerob energifrigjøring

Av organismens tre hovedenergisystemer, kan to av dem kategoriseres under det anaerobe systemet. Dette er henholdsvis det alactacide og det lactacide anaerobe systemet (Baker et al., 2010; Gastin, 2001). Musklene har lagret 8 mmol adenosintrifosfat (ATP) pr kg (våt vekt) og ATP må derfor regenereres svært raskt ved muskellarbeid med tilnærmet maksimal innsats eller svært høyt energikrav. Det alactacide systemet frigjør energi umiddelbart når et slikt stort energikrav oppstår, hvor fosfokreatin (PCr) omdannes til ATP. Muskler har ca. 26 mmol PCr pr kg (våt vekt) i hvile, som kan omdannes til ATP. Siden PCr lageret er relativt lite, vil et vedvarende muskellarbeid med høyt energikrav (tilnærmet maksimal innsats) ut over sekunder, tømme lagrene raskt. Det lactacide systemet sørger for ytterligere reproduksjon av ATP gjennom nedbryting av glukose i glykolysen. På grunn av begrensinger i det oksidative systemet til fullstendig nedbryting (oksidering) av glukose, vil laktat (melkesyre) akkumuleres i muskel og overføres til blodet, etter hvert som glukose 6-fosfat molekylene brytes trinnvis ned i glykolysen (Ferrier, 2014). Den akkumulerte trettheten blir gradvis så stor at arbeidet må reduseres i intensitet, og hvis arbeidet fortsetter ytterligere vil det aerobe systemet utgjøre en større og større del av energifrigjøringen. Det er en ca. lik fordeling mellom energifrigjøring fra det aerobe systemet og det anaerobe lactacide systemet etter ca. 70-90 sekunders arbeid med maksimal innsats (Baker et al., 2010; Gastin, 2001). Det er en klar sammenheng mellom anaerob lactacid kapasitet og muskelmassen, siden større muskelmasse gir flere glykolyseenheter som kan bidra i den anaerobe energifrigjøringen (Bangsbo et al., 1990).

² Regulert gjennom interne bestemmelser i Hæren

Det er et viktig skille mellom anaerob effekt og anaerob kapasitet. Den anaerobe effekten vil si hastigheten på den anaerobe energiomsetningen, mens kapasiteten tilsier hvor mye total energi som kan omdannes til ATP ved de anaerobe prosessene (Hallén & Ronglan, 2011; McArdle, Katch, & Katch, 2015). Den anaerobe effekten vil således være vesentlig for prestasjon hvor eksempelvis kortest mulig tid på et arbeid avgjør prestasjon, eller man skal produsere mest mulig kraft innenfor en fastbestemt tidsperiode, mens anaerob kapasitet vil være vesentlig for arbeid hvor en skal utføre et størst mulig totalt fysisk arbeid. Det er utviklet flere tester for å måle både den anaerobe effekten og kapasiteten (Vandewalle, Peres, & Monod, 1987). Angeltveit, Paulsen, Solberg, & Raastad (2016) sammenliknet en evakueringstest (EVAK-test) med andre anaerobe tester av for mannlige spesialsoldater. Testen hadde en moderat til sterk korrelasjon med anaerobe effekt-tester som Wingate test ($r = -0.68$), 300-m sprint tid ($r = 0.51$), og gjennomsnittlig effekt ved 300 m sprint (W) ($r = -0.67$). Testen hadde dog ikke signifikant korrelasjon med den anaerobe kapasitetstesten «Maximal Accumulated Oxygen Deficit» (MAOD). Videre hadde testen signifikante moderate korrelasjoner til kroppsmasse ($r = -0.82$), muskelmasse ($r = -0.74$), maksimalt oksygenopptak ($r = -0.72$) og maksimal effekt ved svikthopp ($r = -0.56$).

Hæren har ikke implementert spesifikke tester for å måle anaerob effekt eller kapasitet. Det betyr dog ikke at slike fysiske egenskaper ikke er vesentlig for infanterisoldater. Stridskontakter med meget hurtige forflytninger over korte avstander til fots med tung stridsutrustning, eller bæring og trekking av skadet medsoldater er typiske eksempler hvor anaerob energifrigjøring er viktig, og derav er en slik type test som Angeltveit et al. (2016) undersøkte også relevant for infanterisoldater.

2.2.3 Styrke og eksplosivitet

Styrke anvendes som begrep for å beskrive hvor mye kraft eller dreiemoment en muskel eller muskelgruppe kan produsere over ett ledd i en forutbestemt bevegelse og hastighet (Knuttgen & Kraemer, 1987; Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Maksimal styrke angir den maksimale, eller største kraften som kan utvikles i en relativt langsom bevegelse. Denne kan både være konsentrisk (forkorting av muskel) og eksentrisk (brems og forlenging av muskel). Kraftpotensialet avhenger av antall sarkomerer og antall kryssbro bindinger mellom aktinet og myosinhodene. Maksimal

styrke har derfor sammenheng med tverrsnitt på fibre (cross sectional area: CSA) tverrsnitt på muskulaturen, og derav også muskelmassen.

Musklene kan produsere mer kraft ved langsomme forkortingshastigheter siden det muliggjør flere kryssbro bindinger pr tid. Eksplosiv styrke derimot vil si evnen til å skape kraft hurtig ved raske kontraksjoner og vinkelhastigheter over leddene. Ved høyere forkortingshastighet og derav større vinkelhastigheter over leddene, vil færre kryssbroer i sarkomerene binde seg mellom myosinhodene og aktinet.

Forkortningshastigheten er størst for type II-X fibre, deretter type II-A fibre og minst for type I fibre, på grunn av forhold i myosinhodene (myosin heavy chain, MHC) (Fitts & Widrick, 1996). «Rate of force development» (RFD) er et mål på hvor hurtig kraftutviklingen stiger i en kontraksjon. Antall kryssbroer som binder seg samtidig vil være vesentlig for kraftutviklingen, og derav er antall i sarkomerer i serie, lengde på muskel og muskelfibre vesentlig for eksplosiv styrke (Brechue & Abe, 2002; Raastad et al., 2010).

Styrken er ikke kun avgjort av kraften som skapes, eller tiden på kraftutviklingen, men av dreiemomentet som skapes rundt leddene. Det betyr at anatomiske forhold som muskel- og senearkitektur spiller vesentlige roller for de indre momentarmene, mens knokkellengden spiller vesentlige roller for ytre momentarmer. Videre er forhold i nervesystemet også viktig for prestasjon i kraftanstrengende muskelarbeid gjennom rekruttering av motoriske enheter, fyringsfrekvensen og samspillet mellom agnosier, antagoniser og synergister i bevegelsene, samt timing og koordinasjon. Komponenter som avgjør styrke og eksplosivitet er oppsummert i Tabell 2-1 etter Raastad et al. (2010).

Tabell 2-1. Komponenter i muskler og sentralnervesystem som avgjør muskelstyrke og eksplosivitet oppsummert etter Raastad et al. (2010)

Muskel og skjelett	Sentralnervesystemet
Muskelgruppens tverrsnittareal (CSA)	Grad av aktivering
• Antall muskelfibre	• Antall motoriske enheter rekruttert
• Fibrens tverrsnittareal	• Fyringsfrekvens i motoriske enheter
• Arkitektur (fysiologisk tverrsnittareal)	Koordinering og teknikk
Fibertypesammensetning (kraft og hastighet)	• Samspill mellom agonister
Muskellengde	• Samspill mellom antagonister
• Kraft og hastighet (antall sarkomerer i serie)	• Samspill mellom synergister
• Kraft og muskellengde (i forhold til l_0)	• Timing
Konsentrasjon av kontraktile proteiner	• Stabilitet og stilling av ledd
Biomekaniske forhold	
• Indre momentarmer (utspring, feste og leddanatomi)	
• Ytre momentarmer (knokkellengder)	

l_0 = muskellengde med optimal overlapp mellom aktin og myosinfilamentene.

En plyometrisk effekt oppstår i bevegelser hvor muskel-sene systemet først strekkes for deretter å forkortes rett i etterkant. Potensiell (elastisk) energi lagres i muskel-sene systemet ved strekking, og senen fungerer som en fjær. Når muskelen kontraherer konsentrisk (forkorter), overføres derav noe av den elastiske lagrede energien til bevegelsesenergi (Pearson & McMahon, 2012). Slike effekter er typisk viktig i satsbevegelser hvor akillessenen og patellasenen kan være viktige bidragsyttere, samt at den konsentriske fasen starter med allerede stor kraftutvikling i muskulaturen på grunn aktiveringen og kraftproduksjonen som skjer i den eksentriske fasen. I satsen er rekrutteres alle muskelfibre inkludert type II-X og II-A fibre (Pearson & McMahon, 2012).

Kraftproduksjonen i spenst hopp avhenger av både muskelstyrke og eksplosivitet. Den relative styrken i strekkapparatet er viktig for hopp høyde, mens absolutt styrke er vesentlig for høy maksimal effekt. Flere studier har undersøkt dette. Nuzzo, McBride, Cormie, & McCaulley (2008) fant en sterk korrelasjon mellom maksimal effekt i svikhopp og 1 repetisjon maksimum (1RM) i knebøy, men en svak korrelasjon mellom hopp høyde i svikhopp og 1RM knebøy. Carlock et al. (2004) fant en moderat korrelasjon mellom hopp høyde i svikhopp og 1RM knebøy. Marcora & Miller (2000) fant en moderat til sterk korrelasjon mellom svikhopp og RFD. Tidligere studier har vist at svikhopp testen har en høy reliabilitet (Enoksen, Tønnessen, & Shalfawi, 2009; Street, McMillan, Board, Rasmussen, & Heneghan, 2001). I tillegg har kroppsmassen i seg selv mye å si for maksimal effekt i svikhopp, da større masse gir økt kraft mot underlaget, mens kroppsmasse vil ha motsatt virkning for hopp høyden, siden denne avhenger av vertikal forflytning av kroppsmassen, som igjen krever høyere kraftutvikling ved høyere kroppsmasse.

Hæren har to tester for å måle den eksplosive styrken. Det ene er stille lengde hopp som har til hensikt å måle eksplosiv styrke i strekkapparatet i beina, mens den andre er medisnballstøt, hvor en ti kg tung medisnball skal støtes ut med armene fra brystet. Vertikal lengde for støtet målt langs bakken fra støtposisjon fastsetter testresultatet. I støtet kan man anvende strekkapparatet i beina og skape fleksjon over hoftene og truncus samtidig som armer støtet, men man ikke hoppe (Forsvarets Høgskole, 2016). Det betyr at testen avgjøres av eksplosiv styrke i overkropp, men også muskler i strekkapparatet

og truncus bidrar i stor grad. Eksplosiv styrke er vesentlig for infanterisoldater i sammenheng med tunge løft av materiell, stridsutrustning eller skadet soldat, sprintrelaterte bevegelser som i svært raske forflyttinger under stridskontakt eller i bevegelser i strid i bebygde område (SIBO) hvor en må hoppe over og passere ulike hindre, som vinduskarmer og høye murer etc. Kravene i disse testene er som for kondisjon differensiert mellom avdelinger og videre mellom kjønn og alder. For vernepliktige soldater i 2.Bn er kravene til prestasjon i stille lengde og medisnballstøt henholdsvis 2,05 m og 3,5 m for kvinner og 2,3 m og 4,6 m for menn³.

2.2.4 Kjønnforskjeller i fysiske kapasiteter og kroppssammensetning

Kvinner har gjennomsnittlig lavere VO_2 maks enn menn i den norske befolkningen (Aspenes et al., 2011). Studier gjennomført på amerikanske soldater viser det samme (Sharp et al., 2002). I tillegg viser toppidretten tydelig at kvinner ikke presterer like godt som menn i utholdenhetsidretter både nasjonalt og internasjonalt. Siden MV maks har stor sammenheng med VO_2 maks (Bassett, 2000; Joyner & Coyle, 2008; McArdle et al., 2015; Åstrand & Rodahl, 2003), kan en av årsakene til forskjellen mellom kjønnene forklares ved at kvinner har 5-10 % lavere hemoglobinkonsentrasjon og lavere blodmengde enn menn (Cureton et al., 1986; Proctor et al., 1998). Ulikheter i det endokrine systemet og respirasjonssystemet ser også ut til å kunne spille en rolle (Harms & Rosenkranz, 2008; Hopkins & Harms, 2004). Menn er i gjennomsnitt både sterkere, og har større anaerob kapasitet enn kvinner (8-20 %), både for militært personell, sedate og idrettsutøvere (Allison et al., 2015; Maud & Shultz, 1986; Mayhew & Salm, 1990; Nindl, Mahar, Harman, & Patton, 1995; Sandbakk, Solli, & Holmberg, 2017). Årsaken til dette skyldes at menn generelt har høyere muskelmasse enn kvinner, og har en større mengde og andel raske muskelfibre (type-II), større fiberareal og større mengde glykolytiske enzymer (Porter, Stuart, Boij, & Lexell, 2002; Simoneau & Bouchard, 1989). Noen studier hevder å ha funnet større prosentandel type-I fibre hos kvinner enn menn (Hunter, 2014; Staron et al., 2000), selv om at disse funnene er usikre. De kjønnsmessige forskjellene i muskelmasse har sitt utspring i kjønnsspesifikke hormonelle reguleringsmekanismer og genuttrykk (Liu et al., 2010; Amy C. Maher et al., 2009; Roth et al., 2002; Welle, Tawil, & Thornton, 2008).

³ Regulert gjennom interne bestemmelser i Hæren

2.3 Multifaktorielt stress

2.3.1 Kjennetegn ved militære feltøvelser

For Forsvaret er det essensielt å trene og øve på tilnærmet like situasjoner og scenarioer som man vil oppleve i skarpe operasjoner. Det er derfor vanlig for militære styrker og avdelinger å gjennomføre feltøvelser som har som formål å simulere tilnærmet samme aktivitet, scenario og belastning som skarpe operasjoner vil medføre. Både under operasjoner og øvelser kan soldater utsettes for ulike typer belastninger, også betegnet som «multifaktorielt stress» (Bækken & Teien, 2016; Henning et al., 2011).

Multifaktorielt stress vil si summen av ulike stressfaktorer fra blant annet langvarig og hard fysisk aktivitet som gir høy energiomsetning, mentale påkjenninger, søvndeprivasjon, negativ energibalanse og klimatiske påvirkninger. Stressfaktorene kan alene eller i sum gi betydelige fysiologiske forandringer i kroppen som fører til akkumulert tretthet, og derav påvirke den fysiske prestasjonsevnen og stridsevnen.

2.3.2 Energiomsetning under militære øvelser

Infanterisoldater operer ofte til fots over lange avstander og bærer til dels tungt stridsutrusting og pakninger. Dette fører til et høyt energikrav og energiomsetningen er derfor høy (Aandstad, 2011; NATO research & technology organization, 2009; Tharion et al., 2005). Eksponering av kulde og søvndeprivasjon kan gi ytterligere økt energiomsetning (Bækken & Teien 2016; Tharion et al., 2005). Gjennomsnittlige energiomsetning pr døgn for alle studier som er oppsummert i oversiktsartikkelen til Tharion et al. (2005), er 3900 kcal/døgn for menn. Målingene er beregnet fra et vidt spekter av øvelser og militære kurs, hvor det forskjeller i antall døgn, type avdelinger og oppgaver som er utført. Av de målinger som er gjort, er energiomsetningen normalt sett større for kampstyrker og infanterisoldater i forhold til støtteavdelinger⁴.

Energiomsetningen varierer også for spesifikke infanteriavdelinger ved ulike type aktivitet og øvelser, hvor det eksempelvis ble målt 4317 kcal pr døgn for kanadiske infanterisoldater under vintertrening (Jones, Jacobs, Morris, & Ducharme, 1993), 4249 kcal pr døgn for israelske infanterisoldater under manøverøvelse (Burstein et al., 1993), 4281 kcal pr døgn for israelske infanterisoldater under infanteri pakningsbæreøvelse (Burstein et al., 1996), og 5185 kcal pr døgn for amerikanske soldater under

⁴ Med støtteavdeling menes en avdeling som innehar kapasiteter og ressurser innenfor eksempelvis logistikk, samband og sanitet.

infanteritrening (Edwards, Roberts, & Mutter, 1992). Det er også gjennomført en nylig studie på norske grensejegere i Hæren ved Garnison i Sør-Varanger (GSV), hvor de gjennomførte en fire dagers militærspesifikk øvelse, etterfulgt av en tre dagers skimarsj på 54 km med 45 kg stridsutrusning. Energiomsetning ble målt til gjennomsnittlig 5480 kcal/døgn for første delen, og 6851 kcal/døgn for skimarsjdelen (Margolis et al., 2014). En nylig studie som ble gjennomført i 2.Bn, den samme avdeling som dette prosjektet anvender, målte også energiomsetning under en fire dagers 51 km lang skimarsj. Energiomsetningen ble målt til å være gjennomsnittlig 6155 kcal/døgn (Margolis et al., 2016). Studiene viser derfor til dels store variasjoner i energiomsetningen alt etter innhold ved ulike typer militære øvelser, kurs og trening.

2.3.3 Energibalanse og energiregulering

Forholdet mellom energiomsetning og energiinntak kalles energibalanse (Raastad, Helle, & Garthe, 2011). Er disse like store eksisterer energibalanse. En større energiomsetning enn energiinntak gir negativ energibalanse, og en mindre energiomsetning enn energiinntak gir en positiv energibalanse. En negativ energibalanse vil føre til en katabol tilstand i organismen (Ferrier, 2014; Frayn, 2010) og virke som en markant fysiologisk stressfaktor, hvor organismen prioriterer energi til de mest vitale funksjonene og vevene. I tillegg vil organismen mobilisere energi fra ulike energiholdige strukturer. Det viktigste og største energilageret er fettsyrer som mobiliseres fra fettvev, men også energi fra proteinstrukturer fra muskulatur mobiliseres ved stort energiunderskudd. Dette kan føre til at muskelnedbrytingen blir større enn muskeloppbyggingen (muskelproteinsyntesen), og gir derfor et netto tap av muskelmasse (Frayn, 2010). Blir energibalansen svært negativ, gir det store utslag i endringer i kroppsmassen og kroppssammensetning. Når soldater gjennomfører operasjoner og øvelser i en negativ energibalanse, vil dette derfor kunne gi markant fysisk prestasjonsfall på grunn av prioritering av energien til andre vev enn arbeidene muskler, og på grunn av tap av muskelmasse som er vesentlige i den fysiske prestasjonen.

Videre er det forskjeller på bidraget fra de ulike energisubstratene ved ulike intensiteter ved fysisk arbeid (Romijn et al., 1993). Ved arbeid ved lave intensiteter vil fettsyrer være den største energikilden sammen med muskelglykogenet, men andel glykogen mobiliseres i større og større grad ved økende intensitet. Ettersom muskelglykogenet

tømmes relativt raskt (1-1,5 timer ved høy intensitet) vil fettsyrer være den mest vesentlige energikilden på vedvarende arbeid over lang tid, dersom ikke energi tilføres gjennom mat. Ved faste over lang tid vil i tillegg muskelproteiner være en vesentlig energikilde (Frayn, 2010). Energikildene vil således avhenge av intensiteten på arbeidet, energiinntak (mengde og innhold) og status på de ulike energilagrene.

Reguleringen av energiomsetningen og samspillet mellom forbrenning av ulike energisubstrater, går under samlebetegnelsen «the randle cycle» (Hue & Taegtmeyer, 2009). Reguleringsmekanismene og samspillet er komplekst og berører kortsiktige og langsiktige mekanismer, og innebefatter blant annet prosesser i lever, muskler og i det endokrine systemet (Frayn, 2010). Organismen må til enhver tid opprettholde blodglukosenivået. Det samme gjelder ved langvarig muskelarbeid og økt energiomsetning, hvor også glukose utgjør en vesentlig del av energifluxen til oksideringen og produksjon av ATP. I tilfeller hvor organismen ikke får tilført tilstrekkelig mengde glukose gjennom karbohydrater fra energiinntak og glykogenlagrene er tømt fra lever, oppstår situasjoner hvor alternative energisystemer aktiveres for å opprettholde glukosekonsentrasjonen i blodet. Glukoneogenesen, prosessen hvor glukose dannes i leveren fra ulike metabolitter aktiveres, og ved langvarige økt energibehov og energiunderskudd vil også aminosyrer fra proteinstrukturer inngå i denne prosessen. Ved ekstremt energiunderskudd vil også produksjonen av ketonlegemer tilta (Frayn, 2010; Hue & Taegtmeyer, 2009; Jensen, Rustad, Kolnes, & Lai, 2011; Purdom et al., 2018).

2.3.4 Tretthet og kjønnsforskjeller i tretthet

Tretthet forekommer i muskler som utsettes for høyt mekanisk og metabolsk stress over kort tid (Fridén & Lieber, 2001; MacIntosh, McComas, & Gardiner, 2006) og ved mindre mekanisk og metabolsk stress over lang tid (Tojima, Noma, & Torii, 2016), og avhenger av type muskelbevegelse, hastighet på muskelkontraksjon og intensitet (Hunter, 2016). Tretthet kan føre til fysisk prestasjonsfall gjennom reduksjon av kraft eller effekt (Enoka & Stuart, 1992; Enoka & Duchateau, 2008; Kent-Braun, Fitts, & Christie, 2012).

Årsaksmekanismene som fører tretthet kan ligge flere steder, og det er usikkerhet i disse knyttet til observerte kjønnsforskjellen i muskulær tretthet. Hunter (2014) oppsummerer

i en oversiktsartikkel studier som har funnet forskjeller mellom kjønn, hvor vesentlige forskjeller ser ut å være rekrutteringsmønstre av fibre, hvor kvinner kan være mer motstandsdyktig mot tretthet ved isometriske øvelser enn dynamiske øvelser i forhold til menn. I tillegg kan det være ting som tyder på at kvinner er mer motstandsdyktige ved lav intensitet (lav % av maksimal voluntær kraft - MVC) enn høy intensitet i isometriske øvelser enn menn. Videre hevdes det at kvinner har en prosentvis større andel type-I fiber i ulike muskler enn menn, og derav er mer utholden, selv om det dette er usikre funn.

En teori til at det kan oppstå forskjeller i tretthet mellom kjønn på samme prosentvise belastning og intensitet, kan skyldes sammenhengen med menns større muskelmasse, CSA og muligens flere type-II fibre enn kvinner. Menn kan utsette strukturer for større absolutt mekaniske kraft, som igjen har større potensialer for strukturødeleggelser på kontraktile filamenter og andre muskelproteiner. Større ødeleggelser vil gi økt trettheten (Fulco et al., 1999; Semmler, Ebert, & Amarasena, 2013). Dog viser blant annet studien til Wust, Morse, de Haan, Jones, & Degens (2008) at verken muskelmasse eller størrelse på fibre var årsaker til at menn akkumulerte mer tretthet enn kvinner i den studien.

En annen teori er at forskjeller i det metabolske stresset mellom kjønnene også gir forskjeller i tretthet. Redusert oksygentilførsel til muskler, og perfusjon gjennom musklene gir økt metabolsk stress og akkumulert tretthet på grunn av akkumulering av metabolitter og redusert pH ved anaerob energifrigjøring. Dette forstyrrer homeostasen og påvirker de kontraktile egenskapene gjennom reduksjon i ATP produksjon. Dette reduserer ATP-ase aktiviteten, som igjen setter ned hastigheten på kontraksjonen (Clark, Collier, Manini, & Ploutz-Snyder, 2005; Russ & Kent-Braun, 2003). Ved kontraksjoner vil det være grader eller fullstendig okklusjon av kapillærer som gir redusert perfusjon, alt etter graden av kraften som produseres (Sadamoto, Bonde-Petersen, & Suzuki, 1983). Noen studier viser at det er forskjeller mellom kjønn i perfusjonen under muskelarbeid (Clark et al., 2005; Hunter, Critchlow, Shin, & Enoka, 2004; Parker et al., 2007; Russ & Kent-Braun, 2003; Saito, Iemitsu, Otsuki, Maeda, & Ajisaka, 2008), og forskjellen kan antakelig forklares ved menns større muskelmasse, fremfor forskjeller i kjønn (Thompson, Fadia, Pincivero, & Scheuermann, 2007). Likevel er det spekulert om det er en sammenheng mellom kvinners større andel type-I fibre i noen muskler (Simoneau & Bouchard, 1989; Staron et al., 2000) har sammenheng med mindre grad

av okklusjon, siden type-I fibre har flere beta₂ adrenerge reseptorer som gir økt dilatasjon (Roatta & Farina, 2010). En større dilatasjon vil gi økt perfusjon og derav mindre akkumulert tretthet, slik Parker et al. (2007) fant for kvinner i forhold til menn i sin studie. Perfusjon vil også avhenge av kapillærtetthet. Studier har visst at kvinner kan ha større tetthet enn menn (Roepstorff et al., 2006) men om dette kan utelukkende knyttes til kjønn er usikkert, da tetthet også avhenger av treningsstatus.

Glykogenmengde i muskelfibre er vesentlig for mengde og hastighet på frigivingen av Ca²⁺ fra sarkoplasmatiske retikulum (SR), og redusert mengde glykogen vil derfor gi økt tretthet (Ørtenblad, Westerblad, & Nielsen, 2013). Type-II fibre har høyere Ca²⁺ ATP-ase aktivitet (Hunter et al., 1999; Li et al., 2002; Madsen, Franch, & Clausen, 1994), enn type-I fibre, og lavere Ca²⁺ ATP-ase aktivitet gir lengre relaksasjonstid (Gollnick, Korge, Karpakka, & Saltin, 1991). Noen studier har funnet en lavere maksimal rate i SR Ca²⁺ ATP-ase for kvinner enn menn etter sykkelsprinter, selv om at studier også viser det motsatte (Russ, Lanza, Rothman, & Kent-Braun, 2005). Sammenhengen i redusert ATP-ase aktivitet for kvinner kan ha sammenheng med forskjeller i fibertypesammensetning.

Flere studier indikerer at kvinner forbrenner en større fettandel og mindre glukoseandel enn menn på samme intensitet for trente utholdenhetsutøvere (Carter et al., 2001; Horton et al., 1998; Maher et al., 2010; Mittendorfer et al., 2002; Roepstorff et al., 2002; Roepstorff et al., 2006; Tarnopolsky, 2000, 2008). Årsaksmekanismene kan ha sammenheng med biologiske forskjeller i det endokrine systemet (Friedlander et al., 1998; Horton et al., 1998). Horton et al. (1998) fant en signifikant større konsentrasjon av adrenalin og noradrenalin i blod for menn som kan forklare en større andel karbohydratforbrenning enn kvinner, da adrenalin er en viktig aktivator av glukosenedbryting. Adrenalin er dog også en viktig aktivator av fettmetabolismen (Tank & Lee Wong, 2015). Marliss et al. (2000) fant på en annen side ikke forskjeller mellom kvinner og menn i sekresjon av katekolaminene i sin studie. Sekresjon av adrenalin og noradrenalin er videre avhengig av intensitet og treningsstatus (Zouhal, Jacob, Delamarche, & Gratas-Delamarche, 2008). Det er videre funn som tyder på at østrogen gir kvinner bedre fettoksideringsevne ved arbeid på lave intensiteter (Lundsgaard & Kiens, 2014; Oosthuyse & Bosch, 2012; Tarnopolsky, 2008; Tarnopolsky & Ruby, 2001), og derav er mer utholden og motstår tretthet ved langvarig arbeid bedre enn

menn. Wiik et al. (2005) fant dog at bedre utholdenhetstrente menn hadde større uttrykk av østrogenreseptorer i muskulatur enn mindre trente menn, og derav kan være med å forklare at treningstilstanden spiller en viktigere rolle for fettforbrenningsevnen enn kjønnet. Allikevel er det store usikkerheter knyttet til effekten da menn har særdeles lave mengder østrogen. Studier viser at sirkulær østrogen for kvinner øker tilgangen på fettsyrer (Oosthuyse & Bosch, 2012) og øker mengden på fettsyretransportmolekylet CD36 (Lundsgaard & Kiens, 2014; Oosthuyse & Bosch, 2010; Purdom et al., 2018), som gir økt fettsyretransport. Allikevel er det er mye som tyder på at østrogenkonsentrasjonen synker ved negativ energibalanse over lang tid (Nattiv et al., 2007). Videre spekuleres det i om det er større fettsyrekonsentrasjon i plasma for kvinner som gir økt fettsyretransport til muskelceller, hvor noen studier har funnet forskjeller mellom kjønn også for normalvektige (Lundsgaard & Kiens, 2014). En tredje vesentlig funn er kvinners større intracellulær triacylglycerol lagre (Roepstorff et al., 2002; Steffensen et al., 2002), som kan gi en økt tilgang til fettsyrer i nedbrytingen i mitokondriene. Kvinner har i tillegg større konsentrasjoner av leptin (Havel et al., 1996), som igjen sannsynligvis også har sammenheng med større fettmasse enn menn (Lundsgaard & Kiens, 2014).

Sentral tretthet skyldes mekanismer som oppstår i sentralnervesystemet som kan føre til inhiberinger av nervesignaler og redusert eksitasjon av motonevronene i ryggmargen, og derav føre til reduksjon av nervesignaler til muskler (Brodal, 2007; Taylor, Todd, & Gandevia, 2006). I sentral tretthet inkluderes også loopen fra ulike kjemo- og mekaniske afferenter som sender signaler til motonevronene i ryggmargen. En akkumulering av metabolitter som fører til økt signalering gjennom afferente kjemo-reseptorer og inhiberer motonevroner i ryggmargen (Gandevia, Allen, Butler, & Taylor, 1996; Russ & Kent-Braun, 2003), vil derav betegnes som sentral tretthet (Hunter, 2014). Signalene kan virke inhiberende og derav redusere kraftutviklingen (Enoka, 2012). Kjønnforskjeller i metabolske prosesser forklart tidligere, kan derav føre til kjønnforskjeller også i sentral tretthet ved arbeid på samme intensitet (Ettinger et al., 1996; Russ & Kent-Braun, 2003; Russ et al., 2005), siden III og IV afferente er sensitive for akkumulerte metabolitter og oksygenmangel (Martin, Weerakkody, Gandevia, & Taylor, 2008; Murphy, Mizuno, Mitchell, & Smith, 2011). Økt tretthet gir økt grad av smertesignalering gjennom afferente, som også virker inhiberende (Martin et al., 2008). Hvorvidt smertestimuli skyldes mikroskader og inflammasjon er dog

usikkert, da det ikke er tydelige sammenhenger mellom «delayed onset muscle soreness» (DOMS) og reduksjon i kraft og muskelskade (Nosaka, Newton, & Sacco, 2002). Noen hevder at kvinner generelt føler mer smerte enn menn (Fillingim, King, Ribeiro-Dasilva, Rahim-Williams, & Riley, 2009; Sorge & Totsch, 2017), men dette er svært usikkert da en rekke faktorer spiller en vesentlig rolle for å kunne generalisere en slik kjønnsforskjell. Dog har studier funnet det motsatte for DOMS, hvor kvinner opplever lavere grad av enn menn (Dannecker, Koltyn, Riley, & Robinson, 2003). Det er også spekulert i om det finnes kjønnsforskjeller i graden av aktivering og firing av signaler i Ia afferenter som igjen gir økt opplevd tretthet, men også her virker det å være usikkerheter og ikke klare indikasjoner på forskjeller (Hunter, 2014).

2.3.5 Fysiologiske konsekvenser ved militære feltøvelser

Responser på multifaktorielt stress hvor man har sett på endring av kroppssammensetning og fysisk prestasjon er undersøkt ved både korte og lengre militære feltøvelser og kurs. Flere har hevdet at for at et prestasjonsfall skal inntreffe, må energibalansen være svært stor og reduksjon av kroppsmasse må være $> 5\%$ (Knapik, Jones, Meredith, & Evans, 1987; Marriott, 1995). Det var ikke tilfelle i studien til Hackney, Shaw, Hodgdon, Coyne, & Kelleher (1991) som fant en reduksjon i anaerob effekt på $5,4\%$ ved wingate test, i løpet av en 4,5 dager øvelsen uten at kroppsmassen endret seg. Studien til Margolis et al. (2014) fant også en reduksjon i både maksimal effekt ($6,8\%$) og hopp høyde ($8,7\%$) i løpet av den åtte dager lange vinterøvelsen, hvor energibalanse var gjennomsnittlig på -2900 kcal pr døgn. Kroppsmassen ble redusert med kun $2,5\%$. Guezennec, Satabin, Legrand, & Bigard (1994) fant en reduksjon i kondisjonen (8%) og anaerob prestasjon (14%) for en gruppe med energiinntak på 1800 kcal pr døgn sammenliknet med to andre grupper med større energiinntak (3200 og 4200 kcal pr døgn) som ikke reduserte prestasjon, etter en fem dagers lang øvelse. Denne studien målte ikke kroppssammensetning, men underbygger at det må være en relativt stor negativ energibalanse for å gi redusert fysisk prestasjon slik Knapik et al. (1987) og Marriott (1995) hevder.

Studien til Nindl et al. (2002) gikk over en tre dagers lang øvelse, med energibalanse på -2900 kcal pr døgn. De fant en markant reduksjon maksimal effekt i svikthopp på 9% (målt ved gjennomsnitt av 5 svikthopp) og en reduksjon i totalt arbeid målt ved 30 svikthopp (15%) i løpet av. Både muskelmassen og kroppsmassen ble redusert med $2,3$

%). Welsh et al. (2008) fant likeledes en reduksjon i maksimal effekt i svikthopp (8,9 %) og hopp høyde (4,9 %) og en reduksjon i gjennomsnittlige effekt på 30 svikthopp (9,1 %) i løpet av en åtte dagers lang øvelsen med gjennomsnittlige energiomsetning på 3800 kcal og energibalanse på -1300 kcal pr døgn. Kroppsmassen og muskelmasse ble redusert med henholdsvis 4,1 % og 2,4 %.

I en studie til Legg & Patton (1987) undersøkte de endring i anaerob effekt i overkroppen og beina (wingate test) for artillerister i løpet av en åtte dagers lang øvelse. 25 mannlige soldater ble fordelt i to grupper, hvor alle gjennomgikk samme belastning, søvn og energiinntak under øvelsen, bortsett fra at den ene gruppen (eksperiment) lempet og løftet faktisk tyngde av granater (45 kg) og lunter (13 kg), mens den andre gruppen (kontroll) kun simulerte løftingen og lempingen. Kroppsmassen ble redusert med 1,9 % og fettmassen med 7,1 % for eksperimentgruppen, men ikke kontroll. Her ble gjennomsnittlig og maksimal anaerob kapasitet i beina økt gjennom øvelsen både for kontroll (15 % og 14,3 %) og eksperimentgruppen (17 % og 14,7 %). Dette viser at kroppssammensetningen kan endre seg uten at dette direkte reduserer fysisk prestasjon. Dog ble gjennomsnittlig anaerob kapasitet signifikant redusert (7,3 %) i overkropp for eksperimentgruppen, og ikke endret for kontrollgruppen.

Kun en studie har undersøkt responser som også har inkludert kvinner (Hoyt et al., 2006). I denne ble det funnet en større reduksjon av muskelmasse for mannlige enn kvinnelige soldater ved en ekstrem hard øvelse (kalt stridskurs) for kadetter ved Krigsskolen. Det ble funnet en større fettforbrenning per kg muskelmasse og fettforbrenningen utgjorde en større andel av det totale energiforbruket hos kvinner enn menn. Dette kan være en mulig forklaring på at kvinner tapte mindre muskelmasse. Kunnskapen som foreligger kan derfor peke i den retning at kvinner kan ha en bedre evne til å begrense reduksjon av muskelmasse under krevende militære feltøvelser enn menn. I denne studien ble ikke fysisk prestasjon undersøkt.

Av langvarige militære øvelser og kurs undersøkte Nindl et al. (1997) og Nindl et al. (2007) endringer av både kroppssammensetning og fysisk prestasjon i løpet av ett åtte ukers grunnleggende infanterikurs med negativ energibalanse (-1000 kcal/døgn). Reduksjonen i kroppsmassen var ca. 12 %, muskelmassen ca. 6 % og fettmassen 42 % og 50 %. Prestasjon i maksimal effekt i svikthopp var redusert med ca. 21 %, mens

styrke målt ved maksimal løftekapasitet var redusert med ca. 20 %. Studien i 2007 målte og fant i tillegg en reduksjon i hopphøyden på 16 %.

2.4 Restitusjon

Belastninger organismen utsettes for ved øvelser og operasjoner med multifaktorielt stress, eller ved kort og lengre fysiske arbeidsperioder, som under fysiske treningsøkter, idrettskonkurranser eller andre anstrengende aktiviteter, gir redusert yteevne på grunn av forstyrrelser i organismen (Bækken & Teien, 2016; Frayn, 2010). Forstyrrelsene må reguleres tilbake til normaltstand, som også kan kalles restitusjon (Raastad et al., 2011). Restitusjonen har sammenheng med årsaken til trettheten som fører til reduksjon av prestasjonen, og restitusjon kan både være kortvarig - det vil si at prestasjonen og normaltstanden raskt tilbakeføres etter timer og dager som ved mindre forstyrrelser etter en enkelt treningsøkt, eller langvarig dersom store forstyrrelser og store endringer har inntruffet som etter en langvarig øvelse.

2.4.1 Kjønnsforskjeller i restitusjon etter fysiske belastninger

Det er flere studier som har undersøkt kjønnsforskjeller i restitusjon etter ulike typer fysiske belastninger. Noen studier har anvendt protokoller på supramaksimal belastning av VO_2 maks, og gjerne ved isometriske og eksentriske øvelser for å trigge en størst mulig grad av tretthet (Hunter, 2014). For eksempel fant Fulco et al. (1999) at kvinner restituerte adduktor pollicis raskere enn menn de første minuttene etter et all-out MVC sett. Kvinner var svakere, men mer utholdende, og likeledes restituerte raskere. Laurent et al. (2010) fant likeledes denne sammenhengen i sprinter, hvor menn presterte bedre, mens kvinner motstod tretthet i større grad, og restituerte raskere i løpet av en 72 timers periode. Sayers & Clarkson (2001) fant ingen forskjell mellom kjønn 132 timer etter en hard treningsøkt med 50 eksentriske MVC i albuebøyere som påførte store muskelskader.

Noen studier har sett på forskjeller i restitusjon etter utholdenhetskonkurranser og i særlig grad ultraløp (Berg et al., 2008; Bækken & Teien, 2016), men i disse er det få forsøkspersoner og mange mulige faktorer som har påvirket, og derfor er resultatene svært usikre. Dog kan kvinners raskere restitusjon ha sammenheng med lavere grad av tretthet som igjen kan ha sammenheng med muskelfiberrekrutteringen og fettoksideringsevnen, forklart tidligere i kapitlet (Hauswirth & Le Meur, 2011; Hunter,

2014; Nindl, Jones, Van Arsdale, Kelly, & Kraemer, 2016). Videre spekuleres det i om høyere karbohydratforbruk hos kvinner enn menn i restitusjon gir raskere resyntese av triglyseridlagrene (Hauswirth & Le Meur, 2011; Nindl et al., 2016). Dette kan ha muligens forklare eventuelle forskjeller i restitusjonsmekanismene mellom kjønn etter aktiviteter hvor kroppsmasse er vesentlig redusert. I tillegg kan dette ha sammenheng med restitusjonen av fysisk prestasjon.

2.4.2 Kjønnforskjeller i restitusjon etter militære øvelser

Det ser ut til at det ikke finnes spesifikke studier som har undersøkt restitusjon etter krevende øvelser verken for kvinner eller menn i et korttidsperspektiv (Bækken & Teien, 2016). En studie har undersøkt restitusjon i langtidsperspektivet for menn. Nindl et al. (1997) målte kroppssammensetning og fysisk prestasjon fem uker et grunnleggende infanterikurs. I tillegg ble energiinntaket målt under restitusjonsperioden, hvor det ble funnet en økning på hele 66 % fra pre perioden før kurset til postperiode (fra 2994 kcal/dag til 4488 kcal pr dag). Etter fem uker restitusjon var kroppsmasse og muskelmasse tilbake til preverdier, mens fettmasse var økt med 4 kg (29 %) i forhold til baselineverdi. Svikhopp og styrkeprestasjon var også tilbake.

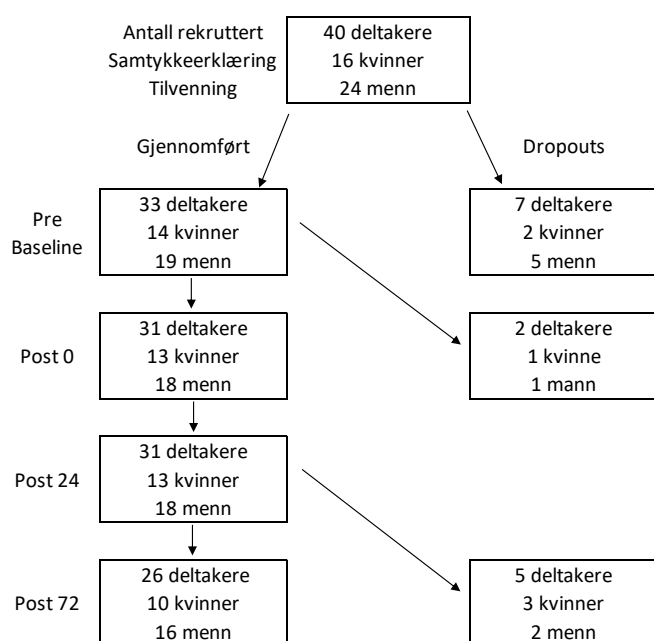
3. Metode

3.1 Forskningsprosjektet

Masteroppgaven ble gjennomført som en del av et større forskningsprosjekt «Allmenn verneplikt» ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Én del av dette prosjektet var en studie i 2.Bn, hvor innsamling av data ble gjennomført.

3.1.1 Utvalg

Alle vernepliktige i 2.Bn ble samlet noen uker i forkant av forskningsprosjektet og gitt grundig informasjon om prosjektet. Deretter ble det rekruttert deltakere fra alle kompanier, hvor de skrev under informert samtykke (vedlegg A). Eksklusjonskriterier var skadet, syk, spesielle diet restriksjoner eller graviditet for kvinner. Antall deltakere inkludert i studiet er illustrert i Figur 3-1. Totalt 33 deltakere (14 kvinner og 19 menn) gjennomførte pretester, 31 deltakere (13 kvinner og 18 menn) gjennomførte post0 og post24 tester, mens 26 deltakere (10 kvinner og 16 menn) gjennomførte post72 tester. Tabell 3-1 viser antropometriske variabler for deltakerne som møtte til pretester, og Tabell 3-2 viser tilhørighet til underavdeling.



Figur 3-1. Figuren viser antall deltakere i de ulike delene i prosjektet. Totalt ble det rekruttert 40 deltakere, hvorav 16 kvinner og 24 menn skrev under samtykkeerklæring og gjennomgikk opplæring og tilvenning til fysiske tester. 14 kvinner møtte til pretest, hvorav en droppet ut etter pretest, og tre gjennomførte ikke siste posttest. 19 menn møtte til pretest, en droppet ut etter pretest, og to gjennomførte ikke siste posttest.

Tabell 3-1. Tabellen viser alder (år), høyde (cm), vekt (cm) og BMI, for begge kjønn.

	Antall	Alder (år)	Høyde (cm)	Vekt (kg)	BMI
Kvinner	14	19,8 ± 0,8 (19-22)	167,7 ± 5,1 (160-175,1)	68,6 ± 9,1 (57,4-85,3)	24,3 ± 2,2 (20,9-27,8)
Menn	19	19,9 ± 0,6 (19-21)	179,8 ± 7,4 (169,2-193,4)	82,9 ± 11 (68,3-106,7)	25,6 ± 2,1 (21,8-29,7)

Verdiene er gjennomsnitt ± standardavvik (variasjonsbredde)

Tabell 3-2. Antall og tilhørighet til underavdelinger.

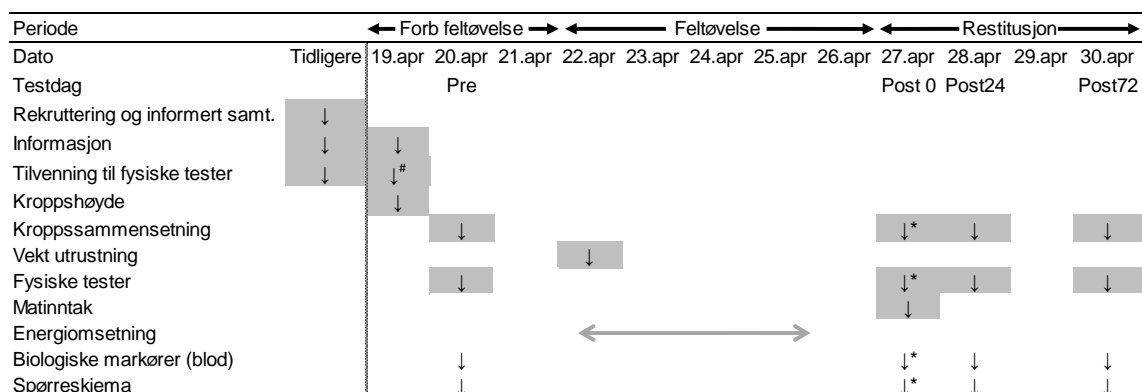
Kompani	n kvinner	n menn
Kav esk	2	6
Geværkp B	4	4
Geværkp C	2	3
Støtte kp	6	6

n=antall deltakere innen hvert kjønn for hver underavdeling som inngikk i studiet.

Kavesk=kavalerieskvadron, geværkomp=geværkompani, Støtte kp=støttekompani.

3.1.2 Forskningsprosjektets design

Forskningsprosjektet i sin helhet inkluderte måling av kroppssammensetning, fysisk prestasjon, biologiske markører i blod, samt en spørreundersøkelse for kartlegging av stemningsleie i forkant (pre) av en militær feltøvelse, rett i etterkant av øvelsen (post0), 24 timer etter øvelsen (post24) og 72 timer etter øvelsen (post72). I tillegg ble stridsutrustingen til deltakerne veid før øvelsen. Øvelsen varte i ca. fem døgn og det ble estimert energiomsetning under øvelsen. I etterkant ble mat som ikke var spist under øvelsen levert inn og registrert. Tidsprotokoll med alle deler i forskningsprosjektet er illustrert i Figur 3-2. Masteroppgaven inkluderte data fra kroppssammensetning, vekt av stridsutrusting, energiomsetning, energiinntak og fysisk prestasjon. Protokollene for disse målingene vil beskrives videre i detalj.



Figur 3-2. Figuren viser overordnet tidsprotokoll og design for hele forskningsprosjektet, inkludert masteroppgavedelen. ↓* = gjennomført rett etter tilbakekomst fra øvelsen. ↓# To deltakere gjennomførte tilvenning til fysiske tester på dette tidspunktet. Grå farge markerer hvilke tester som er inkludert i masteroppgaven.

3.1.3 Testdagene

Alle testdagene ble gjennomført med samme oppsett, med oppmøte fastende tidlig på morgenen, hvor det ble gjennomført blodprøvetaking og måling av kroppssammensetning. Deretter spiste deltakerne frokost før gjennomføring av de fysiske testene, som ble gjennomført på formiddagen i rekkefølge svikthopptest, EVAK-test og bip-test. Ved post0 ble dette gjennomført litt annerledes på grunn av at øvelsen varte helt frem til målingene. Deltakerne hadde dermed ikke sovet når de kom til testing. Deltakeren ble likevel instruert til å ikke innta mat nært opptil blodprøvetakingen og måling av kroppssammensetning, men fikk beskjed om å innta mat i forkant av de fysiske testene som ble gjennomført 2-4 timer etter kroppssammensetning og blodprøver.

3.2 Fysisk prestasjon

Tre forskjellige tester ble gjennomført for å måle de fysiske kapasitetene, heretter kalt fysisk prestasjon. Eksplosiv styrke i beina ble målt med svikthopp (Bosco, Mogroni, & Luhtanen, 1983), anaerob effekt ved en EVAK-test (Angeltveit et al., 2016), og kondisjon ved bip-test (L. A. Leger & Lambert, 1982). Alle deltakerne gjennomførte opplæring og tilpasning til alle testene noen uker i forkant av selve pretesten. Her ble testene ble forklart, instruert og deltakerne testet disse ut i praksis uten at resultat ble registrert.

På selve testdagene ble deltakerne instruert til å gjennomføre en individuell oppvarming med fem minutter rolig løping, for deretter å øke intensiteten gradvis i fem minutter og til sist gjennomføre 3-5 stigningsdrag i forkant av svikthopptesten. Deretter ble EVAK-testen gjennomført umiddelbart i etterkant. Noen av deltakerne måtte vente noen ekstra minutter før EVAK-testen ble gjennomført på grunn av logistiske årsaker. Dersom tiden ble >5 min ble de instruert å holde seg i aktivitet. Bip-testen ble gjennomført etter EVAK-testen i grupper á 8-10 deltakere med egen oppvarming i forkant på samme vis som før svikthopptesten. Alle hadde minst 30 minutters pause fra avsluttet EVAK-test til bip-testen.

3.2.1 Svikthopptesten

Den eksplosive styrken i strekkapparatet i beina ble det målt med svikthopp på kraftplattform (Force plattformFP8, HUR labs Oy, Tampere, Finland). Kraftplattformen

ble akklimatisert og kalibrert for hver testdag. Svikhoppet ble gjennomført med armene på hoften (under hele hoppet) i stående stilling med beina i skulderbreddes avstand. På kommando sviktet deltakere til valgfri dybde etterfulgt av et vertikalt hopp med maksimal innsats. Det ble gjennomført antall hopp helt det ble oppnådd en avflating i hopp høyde. Det var 30-60 sekunders pause mellom hoppene. Hoppet med størst hopp høyde (cm) ble brukt i statistiske analyser. Hopp høyde og maksimal effekt er anvendt i denne oppgaven.



Figur 3-3. Bildeserien viser utførelsen av svikhopp. Deltakeren starter i oppreist strak posisjon med hender plassert over hoftekam. Deretter sviktet det til ca. 90 grader i flektert kneledd, for deretter umiddelbart å satse maksimalt vertikalt. Hender er plassert på hoftekam under hele hoppet.

3.2.2 EVAK-testen

EVAK-testen ble gjennomført i en innendørs idrettshall med gummi banedekke, hvor to runder i fastsatt løype ble løpt sammenhengende med maksimal innsats. Den andre runden ble en dukke dratt. Løypen gikk innenfor en bane på 10x20m, start og mål var mellom to kjegler på midten av den ene kortsiden. Det ble plassert en kjeGLE på venstre langside ved 5 og 15 m, og en på høyre langside ved 10 m (Figur 3-4). Kjeglen på kortsiden lengst unna start/mål ble plassert midt mellom hver ytterkant av banen, men 19 meter i rett linje fra start/mål for å unngå for trangt for vending mot veggen. Dukken ble plassert på skrå mot venstre med hode pekende fremover. Startfeltet var bak markert strek til venstre for dukkens plassering. Tidssensorssystemet Brower Speed Trap II fotoceller (Brower timing systems, Utah, USA) ble plassert slik Figur 3-4 viser. Starten gikk på eget initiativ. Etter første runde løp deltakerne inn mot dukken, tok tak i et innsydd håndtak i nakken og dro dukken med seg på andre runden, delvis på siden, delvis bak seg. Deltakerne valgte selv side og arm. Noen deltakere anvendte hansker. Deltakerne ble på forhånd instruert å gjøre det likt fra gang til gang med hensyn til grep, arm og hansker. De ble også instruert til ikke å skifte grep eller hånd under selve testen.

Tiden startet når deltaker brøt sensorlinjen, mens sluttiden ble registrert når sensorlinjen ble brutt etter andre runden var gjennomført. Deltakerne ble instruert til å løpe med maksimal hastighet hele veien og kraftig verbal oppmuntring ble gitt av testleder under hele testen. Umiddelbart etter testens slutt ble deltakerne spurt om grad av utmattelse ved Borg skala. Ca. 120 sekunder etter målgang ble det tatt en blodprøve fra en finger for å måle laktatmengde (la^-) i blodet med Lactat Scout + analysator (EKF Diagnostics Holdings plc, England). Ved la^- verdier $<7 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ og $>18 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ blod ble prosedyren gjentatt i ny finger. Dukkene som ble anvendt var produsert av Ruth Lee (London, England). Vekten var henholdsvis 50 kg for kvinner og 70 kg for menn, oppgitt av produsent. Dukkene ble ikke kontrollmålt for vekt, men samme dukker ble anvendt alle testdager. Resultatet total tid (begge runder til sammen) er anvendt videre i oppgaven.



Figur 3-4. EVAK-testen ble gjennomført modifisert etter Angeltveit et al. (2016) oppsett hvor en først løp en runde uten dukke, for deretter å trekke en dukke rundt to. Dukkene ble holdt i innsydd grep i nakke med en arm. Dukkene ble dratt delvis bak delvis på siden av deltakeren. Samme grepet ble holdt gjennom hele runden.

3.2.3 Bip-testen

Bip-testen ble utført i en innendørs idrettshall med gummi banedekke. Inntil ti deltakere startet testen samtidig. Testen ble utført ved at deltakeren løp fra en markert strek til en annen markert strek med 20 meters mellomrom. Hastigheten ble styrt av et lydsignal (bip) der deltakerne skulle passere hver strek ved bip-signalet. Starthastighet var 8 km/t. Omtrent hvert minutt økte frekvensen på bip-signalet, som resulterte i nytt nivå og økt løpehastighet. Etter første minuttet tilsvarte dette en økning til 9 km/t og deretter en økning med 0,5 km/t. Lydfilen ble spilt av over tilkoblet høyttaler, med applikasjonen *Bleep fitness test*, Aspectica Ltd, på mobiltelefon. Streken skulle passerer ca. på bip-

signal. Dersom man kom frem til streken langt foran bip-signalet, ble man bedt om å bremse hastighet og justere seg inn. Klarte ikke deltakerne å nå streken innen bip-signalet ble det gitt advarsel første gang man var tre meter fra streken ved bip-signalet. Klarte ikke deltakerne å øke hastigheten ble testen avsluttet. Deltakerne ble oppfordret å løpe til de var utmatte og ble heiet på underveis. Siste hele strekning som ble fullført ble notert ned som resultat, etter et standard scoresystem med nivå og antall hele strekninger løpt på nivået. Deltakerne ble bedt om å bestemme seg for grad av utmattelse i Borg skala med en gang de ga seg. VO_2 maks ble beregnet fra prediksjonsverktøy til Wood (2008) som baseres seg på studien til Ramsbottom et al (1988).



Figur 3-5. Bip-testen ble gjennomført i en standard idrettsvoll fra langside til langside (20 meter). Inntil 10 deltakere startet samtidig. Bilder viser deltakere på vending ved BIP lydsignal.

3.3 Måling av kroppssammensetning, kroppslengde og stridsutrustning

3.3.1 Kroppssammensetning

Kroppsvekt og kroppssammensetning, herunder muskelmasse og fettmasse ble målt med bioelektrisk motstandanalyse InBody 720 (Biospace Co., Ltd, USA). Målingene ble gjennomført etter instruksjonen fra produsenten, hvorav deltakerne stod i helt i ro i undertøy uten sokker og sko på elektrodene og holdt i elektrodehåndtakene. Armer hadde en vinkel på ca. 15 grader ut fra kroppen. Alle målinger ble foretatt fastende på morgenen i forkant av de fysiske testene.



Figur 3-6. Måling av kroppssammensetning med Inbody720.

3.3.2 Kroppslengde

Kroppslengde ble målt med høydemåler Seca 217 (Hamburg, Tyskland) før øvelsen. BMI ble beregnet av InBody 720, basert på kroppshøyde med formelen $\text{kroppsvekt (kg)}/\text{kroppslengde (m)}^2$.

3.3.3 Stridsutrustning

Vekt av deltakere med fullstendig stridsutrusting ble gjennomført før øvelsen med gulvvektmåler Metler Toledo ChangZhou (Grefensee, Kina) for menn og Mettler Toledo Speider 2 (Grefensee, Kina) for kvinner. Vektene ble akklimatisert og kalibrert før målinger. Målinger ble gjennomført med bekledning, samt med bekledning og full stridsutrusting. Bekledning var tilnærmet lik for alle deltagerne, og bestod hovedsakelig av nettingundertøy, ullfrotté (overdel), pustende membranuniform og hvitkamufasje, samt ullsokker, vindlue, hansker og votter, lærstøvler og skoovertrekk (fotposer). Deltakeren ble instruert til å ta med stridsutrusting de i hovedsak kom til å bære under feltøvelsen. Dette varierte noe mellom deltakerne alt etter hvilken soldatfunksjon de hadde. Alle bar personlig våpen, stridsvest, hjelm og liten pakning (kalt stridsekk) med tilnærmet likt innhold. Ut over dette varierte stridsutrustingen med liten eller stor sekk med innhold av optikk og annet lagsmateriell, ammunisjonsattrapper til avdelingsvåpen/lagsvåpen etc. Dette ble hovedsakelig båret i en større sekk.



Figur 3-7. Bildene viser ulike konfigurasjoner av stridsutrustning til tre av deltakerne. Bildet lengste til venstre viser en soldat som bar et tungt våpensystem utenpå en stor sekk. Soldaten på bildet i midten bar en mindre pakning, mens soldaten til høyre bar stor pakning uten våpensystem.

3.4 Beregning av energiinntak, energiomsetning og energibalanse

3.4.1 Energiinntak

Alle soldatene fikk utdelt valgfri mengde stridsrasjoner av typen *Arktisk 1300 kcal standard* (Drytech A/S, Tromsø, Norge) i forkant av øvelsen og ved én etterforsyning under øvelsen. Deltakerne ble instruert til å skrive ned hva de tok av rasjoner. Videre ble de instruert til å spise ad libitum og ikke medbringe noe mat selv, eller bytte mat med andre. Hvis de til formodning kom til å spise mat som ikke var en del av utlevert stridsrasjoner, ble de instruert til å skrive ned innhold. Deltakeren ble videre instruert til å ta vare på all mat som ikke var spist og levere inn til forskerne etter øvelsen. Listene over hva hver enkelt tok ut av rasjoner, og mat som ikke ble spist, ble registrert etter øvelsen. Samlet energiinntak under øvelsen ble beregnet for hver deltaker ved at man summerte energiinnholdet i utlevert mat, og trakk fra energiinnholdet i maten som ble levert inn. Noen deltakere hadde inntatt annen mat enn Drytech. Mengde var skrevet ned av deltakerne selv. Energiinnhold til denne maten ble hentet fra matvaretabellen (Mattilsynet, 2017). Energiinnhold fra produkter i stridsrasjonene ble avlest på etikettene. Totalt energiinntak ble videre dividert på 4,5 døgn for å beregne gjennomsnitt pr døgn. Deltakerne fikk også beskjed om ikke å innta alkohol eller nikotin i løpet av hele testperioden.

3.4.2 Energiomsetning og energibalanse

Aktivitetsenergiomsetningen ble estimert under øvelsen med akselerometer Phillips ActiCal (Amsterdam, Nederland). Algoritmen for utregning av aktivitetsenergiomsetning er ikke tilgjengelig fra produsenten. Akselerometeret ble plassert på høyre håndledd på alle deltakerne i forkant av øvelsen, og deltakerne ble gitt instruks om ikke å ta det av underveis i øvelsen. Som kroppsvekt i softwaren ble kroppsvekt + $\frac{1}{3}$ av veid ekstern stridsutrusting satt. Dette for å ta høyde for at deltakerne hadde tungt utstyr men også at ikke vekten ble båret konstant. Etter øvelsen ble total energiomsetning beregnet for hvert døgn ved å legge til basalenergiomsetning beregnet etter likningen til Roza & Shizgal (1984). Gjennomsnittlig energiomsetning pr døgn ble beregnet ved gjennomsnitt fra døgn 2-4 i øvelsen. Gjennomsnittlige energibalanse pr døgn ble beregnet ved å trekke gjennomsnittlig energiomsetning fra gjennomsnittlig energiinntak.

3.5 Feltøvelsen

Feltøvelsen ble gjennomført i knapt fem døgn i april måned. Øvelsesområdet lå rett i overkant/underkant av skoggrensen på ca. 300-400 meters høyde over havet. Føreforholdene var stort sett hard snøoverflate. Det var klart pent vær under hele øvelsen, lite vind og dagtemperaturen var opp mot åtte plussgrader i skyggen, mens nattetemperaturen var ned mot femten minusgrader. De klimatiske forholdene ble ikke ansett som anstrengende av den militære øvingsledelsen.

Første del av øvelsen var en kort periode med tilvenning til felt og forberedelser og trening til de kommende operasjonene (ca. 1-1,5 døgn). Deretter ble det gjennomført to offensive operasjoner med en liten rekondisjonering mellom (totalt ca. 2,5 døgn) og til slutt en defensiv operasjon (ca. 1 døgn). Det ble operert til fots med og uten truger, samt med snøscootere og beltevogner. Hva hver enkelt soldat anvendte var avhengig av soldatfunksjon og hvilket kompani de tilhørte. Stridsutrustning som hver enkelt til enhver tid bar, var også avhengig av soldatfunksjon og fase i øvelsen. All stridsutrusting som ble veid, ble ikke båret hele tiden. I noen tilfeller for noen stillinger kunne store deler av stridsutrustingen bli fraktet på kjøretøy, mens i andre tilfeller kunne det for noen stillinger være nødvendig å bære hele stridsutrustingen selv.

Krigsskolen anvendte denne øvelsen som en del av utdanningen for deres kadetter. Kadettene inngikk derfor i øvelsen i funksjoner til befal og offiserer ved 2. Bn. Det ordinære befalet og offiserene i 2. Bn fungerte som veiledere for kadettene.

3.6 Beregninger og behandlinger av data

3.6.1 Minste gruppestørrelser

Beregninger av minste gruppestørrelser ble gjort med dataprogrammet GLIMPSE (Kreidler et al., 2013). Hoppøyde i svikthopp ble valgt som den viktigste prestasjonsvariabelen på grunn av størst forventet endringer (opp til ca. 10-15 % nedgang) og variasjon av de fysiske testene (Margolis et al., 2014; Welsh et al., 2008). På grunn av manglende resultater fra tidligere studier, ble en forventet endring på kvinner ble satt til 5-10 % med bakgrunn i en hypotese at kvinner reduserer mindre prestasjon enn menn. Minste gruppestørrelse ble beregnet til 14 deltakere per gruppe for å kunne forvente signifikante forskjeller mellom gruppene, men på grunn av usikkerheten til kvinners forventede endringer, ble en minste ønsket gruppestørrelse beregnet til 20 soldater.

3.6.2 Databehandling

All databehandling ble gjennomført i programmene Microsoft Excel v2016 (Microsoft Corp, Washington, USA) og IBM SPSS v20 (International Business Machines Corp, New York, USA).

3.6.3 Manglende verdier

Manglende verdier ved post72 ble erstattet med forventet verdier basert på den prosentvise gjennomsnittlige utviklingen i resten av gruppa (kjønn) fra post24 til post72.

3.6.4 Statistiske analyser

Data ble først sjekket for normalitet og uteliggere. Korrelasjoner ble beregnet med Pearsons korrelasjonskoeffisient. Signifikante korrelasjoner blir benevnt som svak [$<0,29$], moderat [$0,3-0,49$], sterk [$0,5-0,89$] og svært sterk [$>0,9$] (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009).

For å undersøke forskjeller i fysisk prestasjon og kroppssammensetning mellom tidspunktene, ble det anvendt mixed-design ANOVA (repeterte målinger) i SPSS. Konfidensintervalljustering ble gjort med Bonferroni. Når forutsetningen om «sphericity» ikke var tilstede ble Grenhouse-Geisser korreksjon anvendt for å justere frihetsgradene.

For å undersøke forskjeller mellom kjønnene i energiomsetningen og vekt av stridsutrustingen ble det gjennomført sjekk for normalitet av data og uteliggere, og deretter en uavhengig t-test i SPSS. Signifikansnivå ble satt til $p \leq 0,05$.

3.7 Etiske aspekter

3.7.1 Godkjenning av forskningsprosjektet

Prosjektet ble søkt og godkjent av Regionale komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) i forkant, samt meldt til Personvernombudet for forskning (NSD), av FFI. Innsamling av prøver/data og håndtering av prøvemateriale ble utført i henhold til standard prosedyrer for å sikre pålitelige og valide resultater. Data ble behandlet anonymisert.

3.7.2 Sikkerhet og risiko ved deltakelse i studien

Det medførte minimal risiko ved deltakelse i studien. Deltakerne ville gjennomført øvelsen uavhengig av studiet, og en eventuell risiko ved øvelsen ville deltakerne derav fått uavhengig av studien. Tilleggsrisiko som deltakerne ble utsatt for i forbindelse med studiet var liten. Det er dog en liten skaderisiko knyttet til testingen av fysisk prestasjon. Risikoen ble dog ansett som akseptabel. De deltakere som fikk sykdom (infeksjoner) eller skade som åpenbart ville påvirket testresultatene på de fysiske testene, ble ekskludert fra studiet. Dette gjaldt en kvinne og en mann som ble tatt ut av studien under øvelsen.

3.7.3 Påvirkning fra befal og offiserer

Det ble gitt egen informasjon om studiet til alt befal, offiserer og kadetter ved Krigsskolen og 2.Bn. De ble instruert til å behandle deltakerne likt som resterende av de vernepliktige, og forholde seg objektivt og ikke påvirke deltakerne verken negativt eller positivt med tanke på deltakelse i studien.

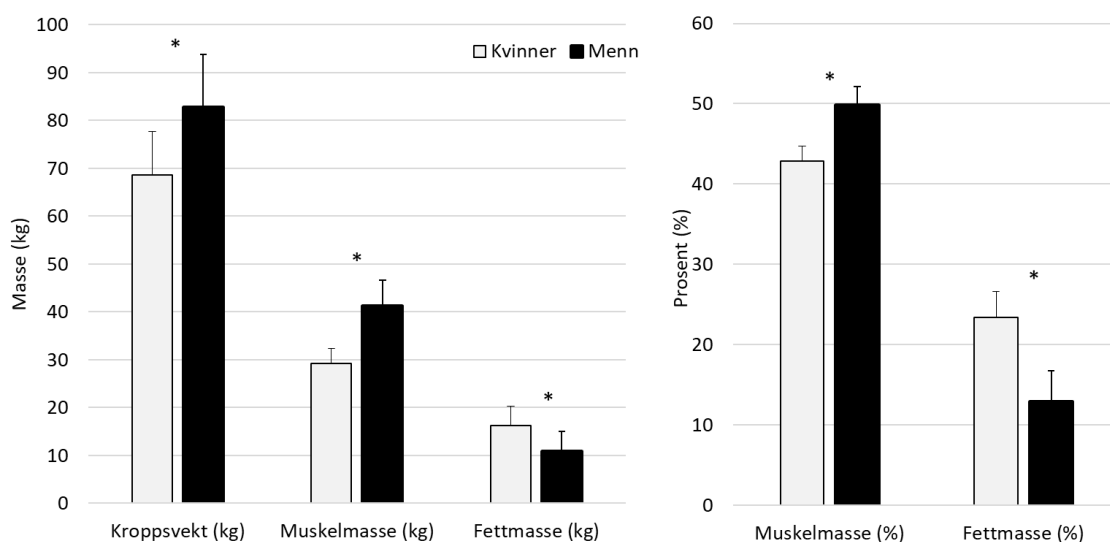
4. Resultater

4.1 Baseline

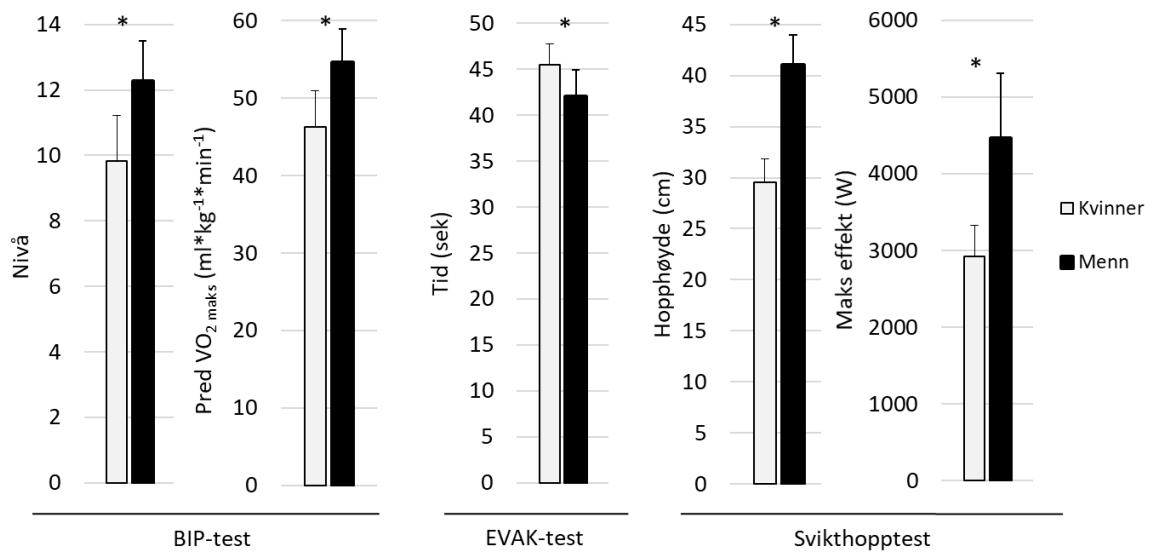
4.1.1 Deskriptive data

Menn hadde 14,3 kg (21 %) større absolutt kroppsmasse enn kvinner ($p < 0,001$). Menn hadde 12,1 kg (41 %) større absolutt muskelmasse enn kvinner, og prosentvis større muskelmasse enn kvinner ($p < 0,01$), henholdsvis $49,9 \pm 2,2$ % for menn mot $42,9 \pm 1,9$ % for kvinner. Kvinner hadde 5,4 kg (33 %) større absolutt fettmasse enn menn, og prosentvis større fettmasse enn menn ($p < 0,01$), henholdsvis $23,4 \pm 3,2$ % for kvinner mot $12,9 \pm 3,8$ % for menn. (Figur 4-1). Det var ikke signifikant forskjell i BMI mellom kjønnene, hvorav $24 \pm 2,2$ for kvinner og $25,1 \pm 2,1$ for menn.

Menn oppnådde 2,5 (20 %) høyere nivå i bip-test enn kvinner ($p < 0,01$). Dette tilsvarer $9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (15 %) større predikert maksimalt oksygenopptak ($p < 0,01$). Menn gjennomførte EVAK-testen 3,4 sek (20 %) raskere enn kvinner ($p < 0,01$), hoppet 11,6 cm (28 %) høyere enn kvinner ($p < 0,01$), samt oppnådde 1540 W (35 %) større maksimal effekt under svikthopp enn kvinner ($p < 0,01$) (Figur 4-2).



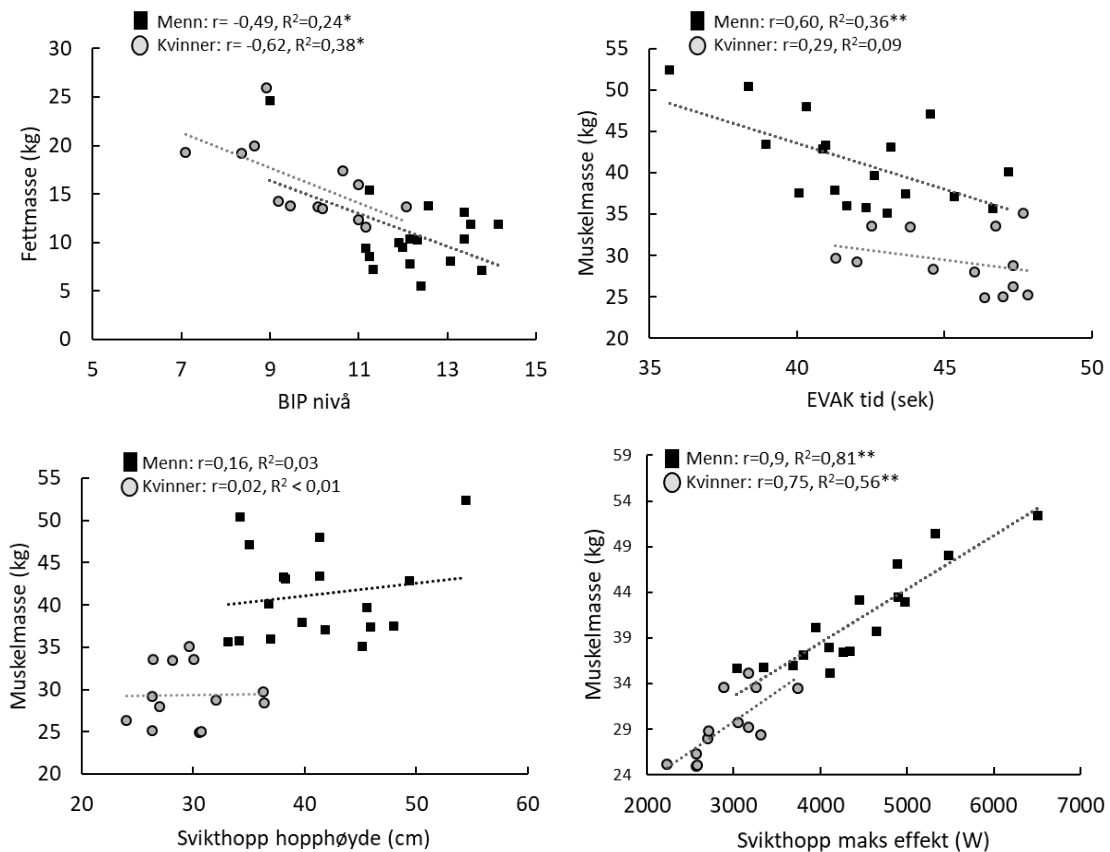
Figur 4-1. Kroppssammensetning ved baseline. Søylerne viser gjennomsnittsverdier med standardavvik for absolutt kroppsmasse, muskelmasse, fettmasse (kg) til venstre og prosentandel muskelmasse og fettmasse (%) til høyre, ved baseline (pre). Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. (*) Signifikant forskjell mellom kjønnene ($p < 0,01$).



Figur 4-2. Fysisk prestasjon ved baseline. Søylene viser gjennomsnittsverdi med standardavvik for bip-test nivå og predikert maksimalt oksygenopptak ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), EVAK-test tid (sek) og hopphøyde (cm) og maksimal effekt (W) i svikthopptest, ved baseline (pre). Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. (*) Signifikant forskjell mellom kjønnene ($p < 0,01$).

4.1.2 Korrelasjoner

Det var moderat negativ korrelasjon for menn ($r=-0,49$, $p<0,05$) og sterk negativ korrelasjon for kvinner ($r=-0,62$, $p<0,05$) mellom absolutt fettmasse (kg) og bip-test nivå. Det var videre negativ korrelasjon for menn ($r=-0,60$, $p<0,01$) mellom absolutt muskelmasse (kg) og EVAK tid (sek). Det var sterk korrelasjon mellom absolutt muskelmasse (kg) og maksimal effekt i svikthopp (W) for både kvinner ($r=0,75$, $p<0,01$) og menn ($r=0,90$, $p<0,01$) (Figur 4-3).

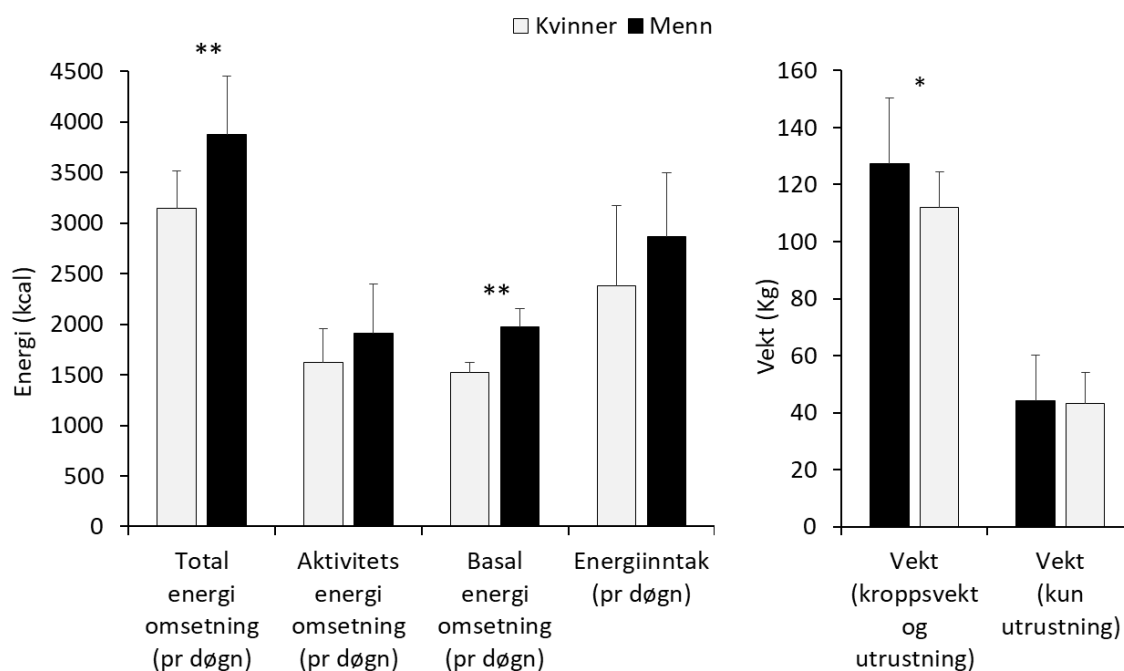


Figur 4-3. Figuren viser korrelasjoner mellom absolutt fettmasse (kg) og bip-test nivå, og absolutt muskelmasse (kg) og EVAK tid (sek), hopphøyde i svikthopp (cm) og maksimal effekt (W). Grå sirkel viser kvinner, sort firkant viser menn. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert for hvert kjønn. (*) Korrelasjon er signifikant, $p<0,05$. (**) Korrelasjon er signifikant, $p<0,01$.

4.2 Energidata og vektbelastning

4.2.1 Forskjeller mellom kjønnene

Menn hadde 19 % større total energiomsetning ($p < 0,001$) pr døgn under øvelsen (3881 ± 489 kcal pr døgn) enn kvinner (3145 ± 373 kcal pr døgn), på grunn av større basalenergiomsetning (23 %, $p < 0,001$). Aktivitetsenergiomsetningen var ikke signifikant forskjellig (1620 ± 336 kcal pr døgn for kvinner, og 1910 ± 573 kcal pr døgn for menn). Det var en trend til forskjell i energiinntak ($p = 0,07$) hvorav kvinner hadde et inntak på 2381 ± 796 kcal pr døgn, og menn 2864 ± 631 kcal pr døgn. Energibalansen var ikke signifikant forskjellig mellom kvinner og menn, med -764 ± 720 kcal pr døgn for kvinner, og -1016 ± 963 kcal pr døgn for menn. Det var ikke signifikant forskjell i vekt av stridsutrustingen, med $43,1 \pm 11,2$ kg for kvinner og $44,2 \pm 16,0$ kg for menn. Total vekt (kroppsvekt og vekt av stridsutrusting) var 15,5 kg (13 %) større for menn enn kvinner ($p < 0,05$), som skyldes større kroppsmasse for menn (Figur 4-4).

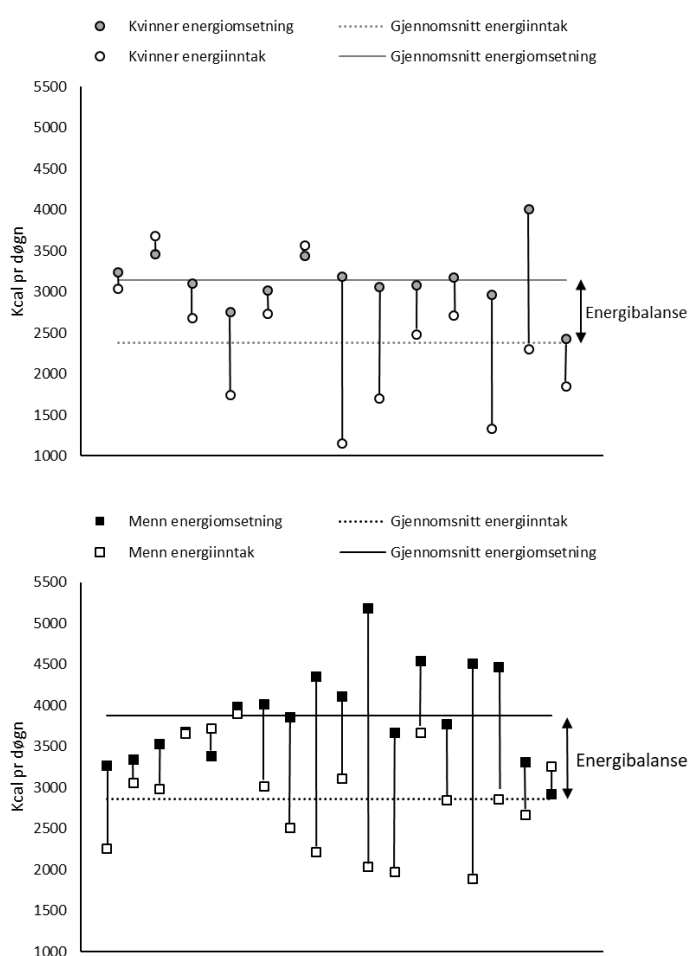


Figur 4-4. Figuren til venstre viser gjennomsnittlig total-, aktivitets- og basalenergiomsetning, og energiinntak i kcal pr døgn for hvert kjønn, med standardavvik. Figuren til høyre viser gjennomsnittlig total vekt i kg (kroppsvekt og stridsutrusting tilsammen) og vekt av stridsutrusting for hvert kjønn, med standardavvik. Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. (*) Signifikant forskjell mellom kjønnene, $p < 0,05$. (**) Signifikante forskjeller mellom kjønnene, $p < 0,001$.

4.2.2 Individuelle forskjeller

Det var store individuelle forskjeller i energiomsetning, energiinntak og energibalanse både for kvinner og menn. Variasjonsbredden i total energiomsetning (pr døgn) var henholdsvis 2422 til 4009 kcal for kvinner og 2919 til 5180 kcal for menn.

Variasjonsbredde i energiinntak (pr døgn) var på henholdsvis 1152 til 3677 kcal for kvinner og 1890 til 3902 kcal for menn. Variasjonsbredde i energibalanse (pr døgn) var -2029 til + 216 kcal for kvinner og -3152 til + 333 kcal for menn. Alle deltakerne hadde negativ energibalanse, bortsett fra to kvinner og to menn med positiv energibalanse, og to menn i energibalanse (Figur 4-5).



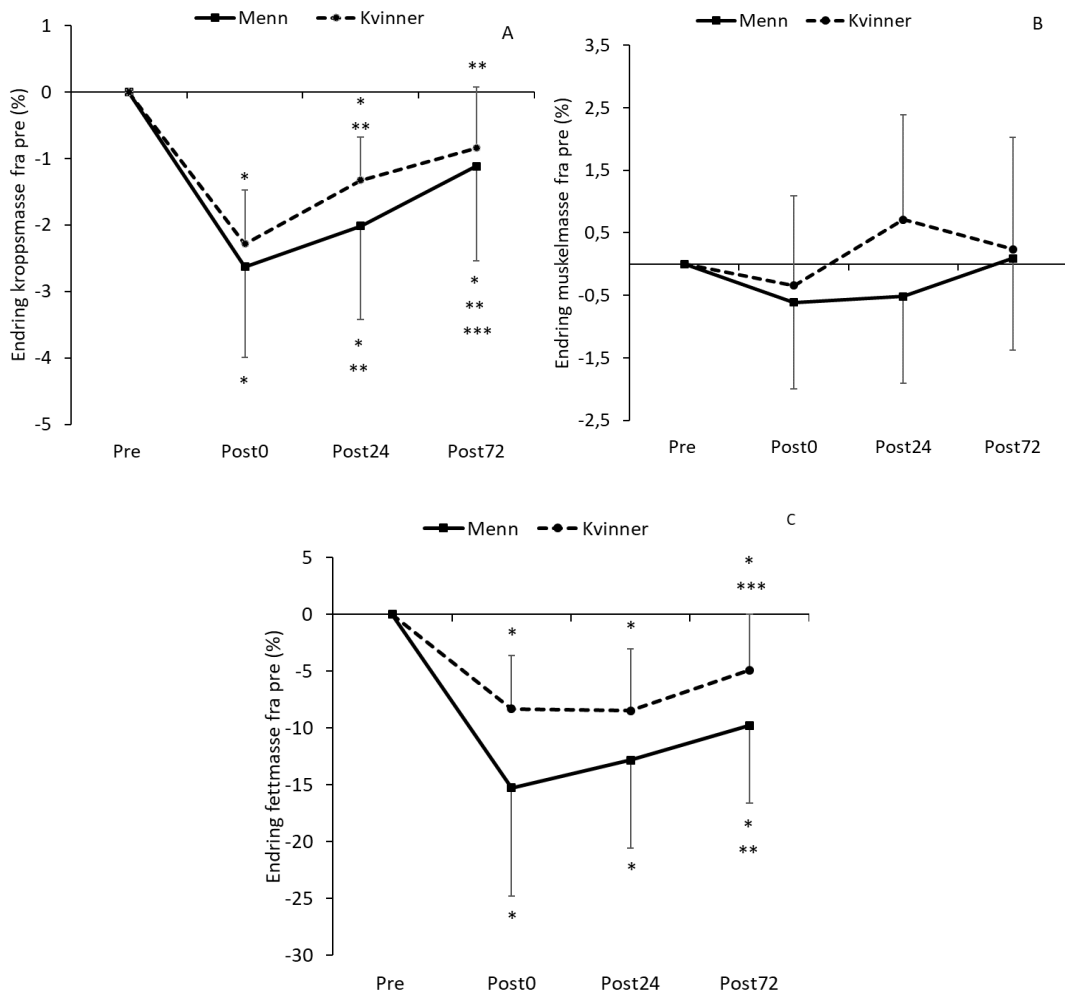
Figur 4-5. Figuren viser gjennomsnittlig energiomsetning, energiinntak og størrelse på energibalanse (differansen mellom energiinntak og energiomsetning) pr døgn for hver deltaker. Figuren øverst (sirkler) viser kvinner, Figuren under (firkanter) viser menn. Stiplet linjer viser gjennomsnittlig energiinntak for gruppen samlet. Hel linje viser gjennomsnittlig energiomsetning for gruppen samlet.

4.3 Endringer fra baseline

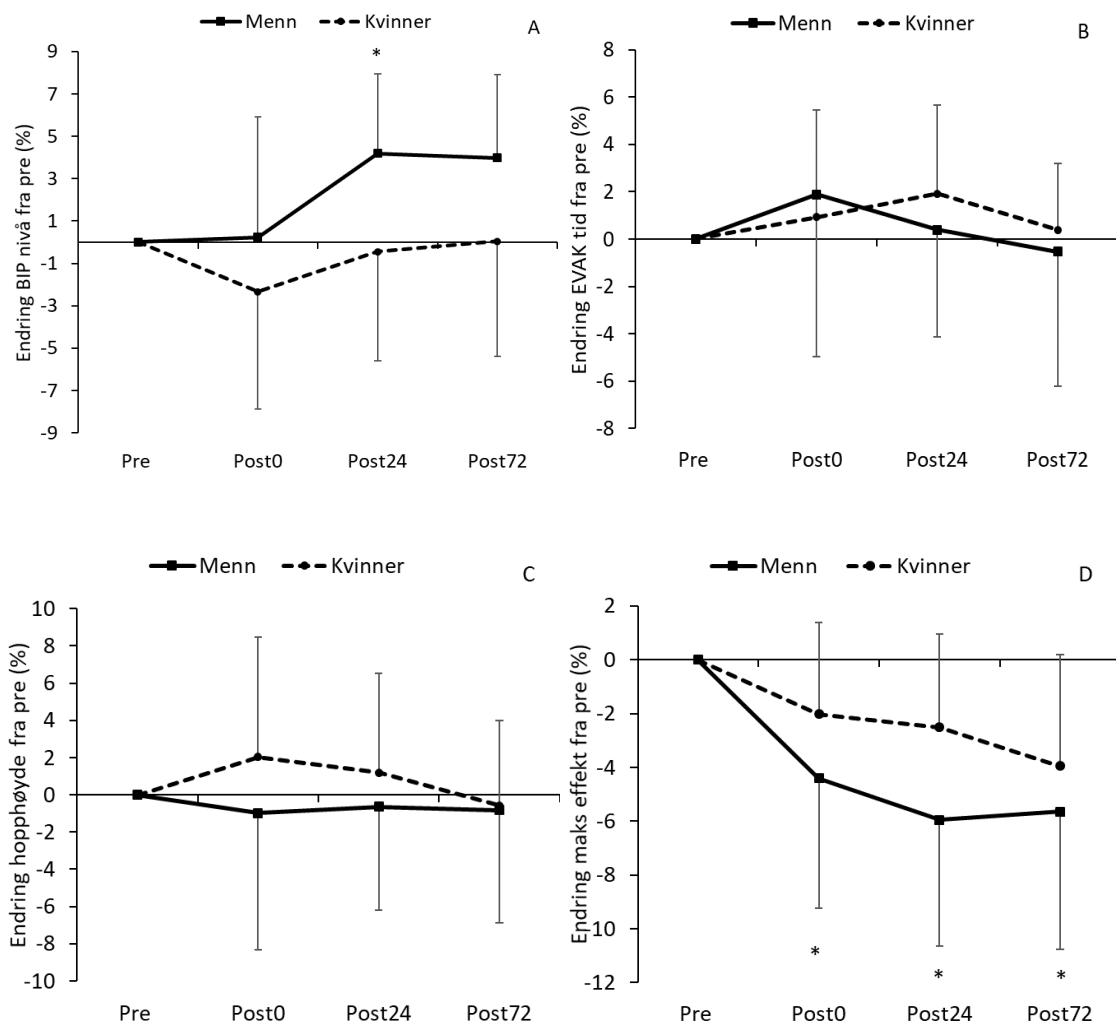
4.3.1 Endringer av kroppssammensetning og fysisk prestasjon

Det var ingen signifikante forskjeller mellom kjønnene i endringen av verken kroppsmasse, muskelmasse eller fettmasse under øvelsen eller i restitusjonsperioden. Både kvinner og menn reduserte kroppsmassen ($p < 0,05$) under øvelsen med henholdsvis $1,6 \pm 0,5$ kg ($2,3 \pm 0,8$ %) og $2,1 \pm 1,1$ kg ($2,6 \pm 1,4$ %). Kroppsmassen økte tilbake mot baselineverdi fra etter øvelsens slutt (post0) til post24 og post72 for begge kjønn ($p < 0,05$), men kun kvinnene var tilbake til baselineverdi (pre) ved post72. Mennene hadde $0,8 \pm 1,3$ kg ($1,1 \pm 1,5$ %) lavere kroppsmasse ved post72 i forhold til baselineverdi (Figur 4-6). Både kvinner og menn reduserte fettmassen ($p < 0,05$) under øvelsen med henholdsvis $1,2 \pm 0,7$ kg ($8,3 \pm 4,7$ %) og $1,5 \pm 0,7$ kg ($15,3 \pm 9,5$ %). Menn økte fettmasse tilbake mot baselineverdi fra post0 til post72 ($p < 0,05$), og kvinnene økte fettmasse tilbake mot baselineverdi fra post24 til post72 ($p < 0,05$). Ingen av kjønnene var tilbake til baselineverdi ved post72, hvor kvinnene hadde $0,7 \pm 0,8$ kg ($4,9 \pm 4,95$ %), og mennene hadde $0,9 \pm 0,44$ kg ($9,8 \pm 6,81$ %) lavere fettmasse ved post72 i forhold til baselineverdi ($p < 0,05$). Det var ingen signifikante endringer av muskelmassen mellom noen av tidspunktene for noen av kjønnene (Figur 4-6).

Det var ingen signifikante forskjeller mellom kjønnene i endringen av fysisk prestasjon i noen av de fysiske testene under øvelsen og restitusjonsperioden. Menn økte bip-test nivået med $4,2 \pm 3,7$ % fra baseline til post24 ($p < 0,05$). Økningen tenderte ($p = 0,08$) til å være signifikant også ved post72 ($4,0 \pm 3,9$ %) i forhold til baseline. Menn hadde videre en reduksjon i maksimal effekt i svikthopp ($p < 0,05$) under øvelsen tilsvarende 197 ± 230 W ($4,4 \pm 4,83$ %). Prestasjonen restituerte ikke tilbake mot baseline til post24 og post72. Ved post72 var det fortsatt signifikant reduksjon fra baselineverdi ($p < 0,05$), tilsvarende 252 ± 221 W ($5,6 \pm 2,73$ %). Hopp høyden i svikthopptesten eller tid på EVAK-testen endret seg ikke signifikant mellom noen av tidspunktene for noen av kjønnene (Figur 4-7).



Figur 4-6. Figuren viser prosentvis gjennomsnittlige endringer av kroppssammensetning. Stiplet linje viser kvinner. Hel linje viser menn. Punkter per tidspunkt viser gjennomsnittlige prosentvise endringer fra baseline (pre) med standardavvik. A: Endring av kroppsmasse. B: Endring av muskelmasse. C: Endring av fettmasse. (*) Signifikante endringer fra baseline, $p < 0,05$. (**) Signifikante endringer fra post0, $p < 0,05$. (***) signifikant endring fra post24, $p < 0,05$.

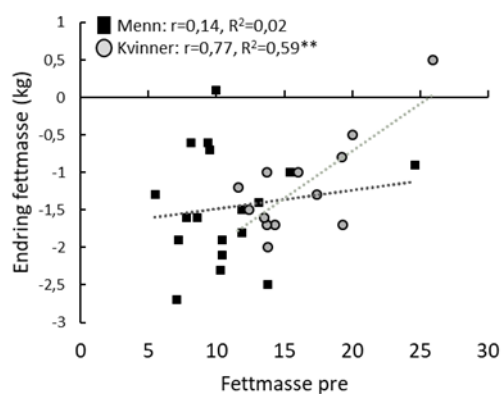


Figur 4-7. Figuren viser prosentvis gjennomsnittlige endringer av fysisk prestasjon. Stiplet linje viser kvinner. Hel linje viser menn. Punkter per tidspunkt viser gjennomsnittlige prosentvise endringer fra baseline (pre) med standardavvik. A: Endring av bip-test nivå. B: Endring av EVAK tid. C: Endring av hopp høyde. D: Endring av maksimal effekt (*) Signifikante endringer fra baseline, $p < 0,05$.

4.4 Sammenhenger i endringer under øvelsen

4.4.1 Korrelasjon mellom baseline fettmasse og endring under øvelsen

Det var en sterk positiv korrelasjon mellom absolutt fettmasse ved baseline og endring av denne under øvelsen for kvinner ($r=0,77$, $p<0,01$) (Figur 4-8).

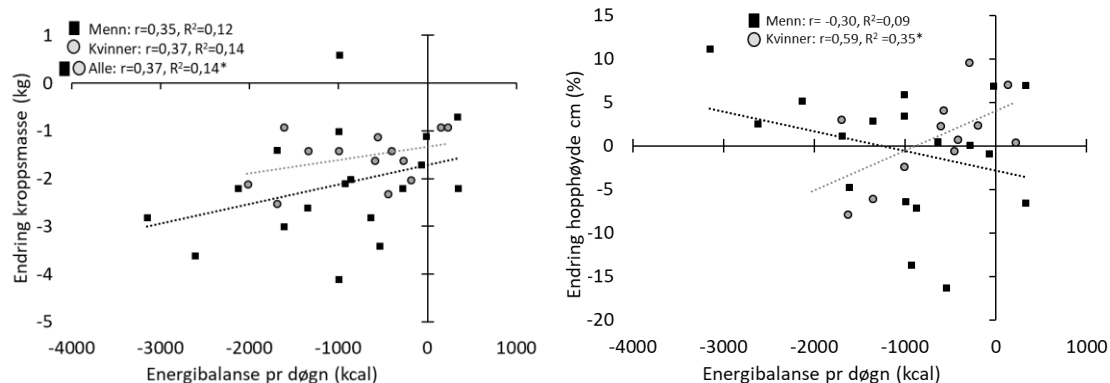


Figur 4-8. Figuren viser korrelasjoner mellom fettmasse (kg) før øvelsen og endring av denne (kg) under øvelsen (pre-post0). Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn. (**) Korrelasjon er signifikant, $p<0,01$.

4.4.2 Korrelasjoner mellom energibalanse og endring av kroppssammensetning og fysisk prestasjon

Det var ingen kjønnsvis signifikante korrelasjoner mellom energibalanse og endring av kroppssammensetning under øvelsen, men det var en moderat positiv korrelasjon mellom energibalanse og endring av absolutt kroppsmasse for begge kjønn samlet ($r=0,37$, $p<0,05$) (Figur 4-9).

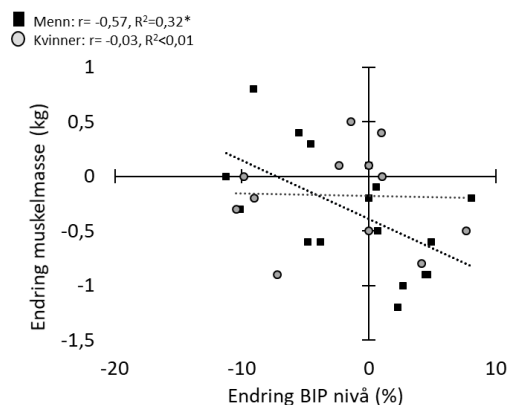
Det var en sterk positiv korrelasjon ($r=0,59$, $p<0,05$) mellom energibalanse og endringen av hophøyde under øvelsen for kvinner (Figur 4-9). Ut over dette var det ingen signifikante korrelasjoner mellom energibalanse og endring av de andre fysiske prestasjonene (ikke vist i korrelasjonsplott), eller mellom aktivitetsenergiomsetning og endring av fysisk prestasjon for verken kvinner eller menn under øvelsen (ikke vist i korrelasjonsplott).



Figur 4-9. Figuren viser korrelasjoner mellom gjennomsnittlig energibalanse pr døgn (kcal) og absolutte endringer av kroppsmasse (kg) og hopphøyde (cm) under øvelsen. Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn, og samlet for begge kjønn i figuren til venstre. (*) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,05$.

4.4.3 Korrelasjoner mellom endring av fysisk prestasjon og kroppssammensetning

Det var en signifikant sterk negativ korrelasjon ($r = -0,57$, $p < 0,05$) mellom endring i bip-test nivå og endring av absolutt muskelmasse for menn under øvelsen (Figur 4-10). Det var videre ingen andre signifikante korrelasjoner mellom endring i fysisk prestasjon og endring i kroppssammensetning (ikke vist i korrelasjonsplott).

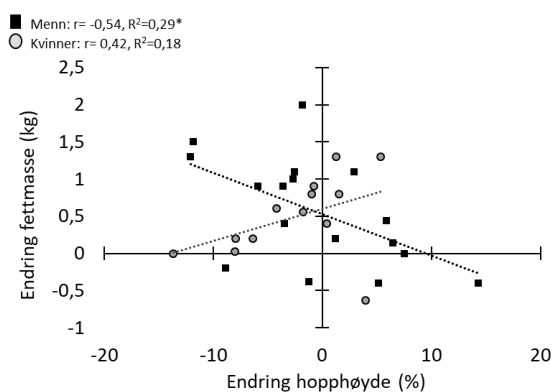


Figur 4-10. Figuren viser korrelasjoner mellom prosentvise endringer av bip-test nivå (%) og absolutt endring av muskelmasse (kg) for hvert kjønn under øvelsen. Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert kjønn. (*) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,05$.

4.5 Sammenhenger mellom endringer i restitusjonsperioden

4.5.1 Korrelasjoner mellom endringer av fysisk prestasjon og kroppssammensetning

Det var en sterk negativ korrelasjon ($r = -0,54$, $p < 0,05$) mellom prosentvis endring av hopp høyde i svikthopp og endring i absolutt fettmasse for menn i løpet av restitusjonsperioden (Figur 4-11). Det var videre ingen andre signifikante korrelasjoner mellom endring i fysisk prestasjon og endring i kroppssammensetning i løpet av restitusjonsperioden (ikke vist i korrelasjonsplott).



Figur 4-11. Figuren viser korrelasjoner mellom prosentvise endringer av fysisk prestasjon og absolutt endring av fettmasse (kg) for hvert kjønn i løpet av restitusjonsperioden (post0-post72). Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn. (*) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,05$.

5. Diskusjon

5.1 Oppsummering hovedfunn

Resultatene fra baseline viser at menn hadde større kroppsmasse og muskelmasse enn kvinner, mens kvinner hadde større fettmasse enn menn. Menn presterte bedre enn kvinner i alle fysiske prestasjonstester. Videre hadde menn større total energiomsetning per døgn under øvelsen enn kvinner på grunn av større basal energiomsetning. Det var en trend til at mennene hadde større energiinntak enn kvinnene og energibalansen var derfor ikke signifikant forskjellig mellom kjønnene. Ved baseline var det en moderat negativ korrelasjon for menn og sterk negativ korrelasjon for kvinner mellom absolutt fettmasse og prestasjon i bip-testen. Det var en negativ korrelasjon for menn mellom absolutt muskelmasse og EVAK-test tid. Det var sterk korrelasjon mellom absolutt muskelmasse og maksimal effekt i svikthopp for både kvinner og menn.

Det var ingen signifikante forskjeller mellom kjønnene i endringen av kroppssammensetning eller fysisk prestasjon under øvelsen eller under restitusjonsperioden i etterkant. Begge kjønn reduserte kroppsmassen og fettmassen under øvelsen. Kroppsmasse og fettmasse økte tilbake mot baseline i restitusjonsperioden, men kun kvinners kroppsmasse var tilbake til baseline etter tre døgn. Kvinner endret ikke fysisk prestasjon signifikant under øvelsen eller i restitusjonsperioden. Menn reduserte maksimal effekt i svikthopp under øvelsen som ikke restituerte i restitusjonsperioden. Menn økte prestasjon i bip-test fra før til etter øvelsen.

Det var en sterk positiv korrelasjon mellom absolutt fettmasse ved baseline og endring av denne under øvelsen for kvinner. Videre var det en sterk positiv korrelasjon mellom energibalansen og endringen av hopp høyde for kvinner, og en sterk negativ korrelasjon mellom endring av prestasjon i bip-test og endring i absolutt muskelmasse for menn under øvelsen. I restitusjonsperioden var det en sterk negativ korrelasjon mellom endring av hopp høyde og endring i absolutt fettmasse for menn.

5.2 Baseline resultater

5.2.1 Kroppsmasse

Større kroppsmasse og muskelmasse for menn sammenliknet med kvinner, og større fettmasse for kvinner enn menn, og ingen forskjeller i BMI, er i tråd med både befolkningsundersøkelser i Norge (Aspenes et al., 2011) og tidligere spesifikke studier for soldater (Sharp et al., 2002). Målingen med Inbody kan underestimere fettmasse med inntil 2 % (Aandstad, Holtberget, Hageberg, Holme, & Anderssen, 2014; Volgyi et al., 2008), men det ser ut til å være lik underestimering for begge kjønn, og derav er resultatene sammenliknbare mellom kjønnene.

5.2.2 Kondisjon

Ett 15 % større estimert maksimalt oksygenopptak for menn enn kvinner er som forventet sammenliknet med tidligere funn (Aspenes et al., 2011; Sandbakk et al., 2017; Sharp et al., 2002). Sammenliknet med kondisjonen for 20-29 år gamle nordmenn i studien til Aspenes et al. (2011) var kondisjonen relativt lik med $43 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for kvinnene i den studien mot $46,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ i denne studien, og helt likt for menn ($54 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ både i studien til Aspenes og denne studien). Dette viser at infanterisoldatene i studien gjenspeiler det normale kondisjonsnivået for kvinner og menn i den norske befolkningen, og forskjellen mellom kjønnene er tilnærmet lik mellom deltakerne som for befolkningen for øvrig. Begge kjønnene tilfredsstilte de fastsatte kravene til kondisjon for avdelingen.

Prediksjon av maksimalt oksygenopptak fra prestasjon i bip-testen har dog svakheter man bør ta høyde for bip-testen løpes til utmatting, og graden av anstrengelse og smertestimuli vil vært høyt mot slutten på grunn av trettheten. Prestasjonen avhenger derfor av motivasjon til å mobilisere og hente ut maksimalt potensiale. Ved måling av $\text{VO}_2 \text{ maks}$ ved oppsamling av luftprøver har man indikatorer som utflating/peak av oksygenopptak selv om belastning økes, og høye respiratory exchange rate ($\text{RER} > 1.10$) for å stadfeste om man når maksimal verdi (Bahr, Hallén, & Medbø, 1991). Denne metoden er derfor mye sikrere og nøyaktig enn bip-testen. Bip-testen er allikevel grundig undersøkt for validitet sammenliknet med måling av $\text{VO}_2 \text{ maks}$ (Aandstad et al., 2011; Cooper et al., 2005; Flouris et al., 2005; L. Leger & Gadoury, 1989; Ramsbottom et al., 1988; Stickland et al., 2003), og studiene har funnet en sterk korrelasjon på 0,67-0,69, hvor noen av studiene underestimerer og noen av studiene overestimerer $\text{VO}_2 \text{ maks}$

(Aandstad et al., 2011). En vesentlig usikkerhetsfaktor som kan utgjøre forskjeller i prediksjon mellom kjønn, er at bip-testen er mer unøyaktig ved høyere prestasjon, og testen her underestimerer VO_2 maks i større grad (Aandstad et al., 2011). Det betyr at bip-testen kan være mer usikker og underestimere VO_2 maks i større grad for menn enn kvinner siden menn presterer bedre.

5.2.3 Anaerob effekt

Menn hadde større anaerob effekt vist gjennom kortere EVAK-test tid. Dette tråd med tidligere kunnskap som viser forskjeller mellom kjønn i anaerob kapasitet og effekt (Allison et al., 2015; Esbjornsson-Liljedahl, Sundberg, Norman, & Jansson, 1999; Maud & Shultz, 1986; Mayhew & Salm, 1990; Nindl et al., 1995; Roepstorff et al., 2006; Sandbakk et al., 2017). Sammenlikner man for eksempel prestasjon i sprintøvelser mellom kvinner og menn er forskjellen 8-15 %. Den faktiske forskjellen i den anaerobe effekten som ble funnet, er større enn EVAK-test tiden viser, siden menn gjennomførte testen raskere også til tross for tyngre dukke. Den sterke korrelasjonen mellom muskelmasse og EVAK-test tid for menn er ikke uventet da større muskelmasse gir flere glykolyseenheter som kan produsere energi samtidig (Bangsbo et al., 1990). Dog var det ikke korrelasjonen for kvinner, og dette er uventet da samme faktorer avgjør den anaerobe energifrigjøringen også for kvinner. Årsaker kan antakelig ligge i få deltakere kombinert med liten variasjon i EVAK tiden, sammenliknet med menn.

EVAK-testen kan ha visse svakheter i sammenheng med mål på anaerob effekt. Testen virker svært utrettende og føles relativt smertefull mot slutten etter hvert som melkesyre akkumuleres, samt at vekten av dukken fører til smerter i hånden til deltakerne. Dette kunne føre til redusert prestasjon hos deltakeren, dersom de ikke var tilstrekkelig motivert til å trosse smertene. Angeltveit et al. (2016), fant dog sterke korrelasjoner til wingate-testen ($r=0,67$) og gjennomsnittlig effekt på 300 meter sprint ($r=0,68$). Det var dog ikke inkludert kvinner i studien, som igjen gir svakheter hvorvidt EVAK-testen er en valid test for kvinner for anaerob effekt. Hele grunnlaget for utvikling av testen er på en annen side å måle en konkret funksjonell kapasitet for soldater, fremfor anaerob effekt isolert sett.

5.2.4 Eksplosiv styrke

At menn hadde større maksimal effekt ved svikthopp enn kvinner er ikke uventet på grunn av større kroppsvekt og større muskelmasse (Carlock et al., 2004; Moss, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, & Jensen, 1997; Nuzzo et al., 2008; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). Den positive sterke korrelasjon mellom muskelmasse og maksimal effekt i svikthopp for begge kjønn, underbygger dette. Det ble ikke funnet en sammenheng mellom muskelmasse og hopp høyde, som viser at prestasjon i hopp høyde også er betinget av massen som skal forflyttes vertikalt, siden en større masse vil kreve mer generert kraft. Det virker derfor å være en logisk balansegang mellom muskelmasse til produksjon av kraft kontra masse som må forflyttes vertikalt, som kan forklare den manglende korrelasjonen. I tillegg er spenst betinget av eksplosiv styrke og en høy RFD, som til en viss grad avhenger av andre faktorer enn maksimal muskelstyrke, som antall sarkomerer i serie fremfor stort CSA (Brechue & Abe, 2002; Pearson & McMahon, 2012; Raastad et al., 2010).

5.3 Energidata

Sammenlikner man energiomsetningen i dette studiet med andre studier, ser belastningen ut til å ha vært relativt lav. Energiomsetning på 3880 kcal pr døgn for menn er helt identisk med gjennomsnittet beregnet i oversiktsartikkelen til Tharion et al. (2005), hvor det er inkludert data for flere typer avdelinger og type aktiviteter. Sammenliknet med øvelser spesifikt for mannlige infanterister, ligger disse på >4200 kcal pr døgn (Burstein et al., 1996; Burstein et al., 1993; Edwards et al., 1992; Jones et al., 1993). Øvelser som har hatt svært høy belastning viser en energiomsetning på > 6000 kcal pr døgn, som under stridskurset ved Krigsskolen i studien til Hoyt et al. (2006), og under skimarsj i studien til Margolis et al. (2014) og Margolis et al. (2016). Årsaken til at energiomsetning ikke var større i denne studien sammenliknet med andre studier for infanteriavdeling har sannsynligvis naturlige forklaringer. For det første var det gunstige og arbeidsøkonomiske forhold, med hard snøoverflate som gjorde det mulig å gå til fots uten å synke gjennom. For det andre ble deltakere videre rekruttert fra alle kompaniene i bataljonen, og bestod ikke kun av tradisjonelle geværinfanterisoldater. Dette kan forklare den store spredningen i energiomsetningen. Optimalt sett burde utvalget vært så stort at man kunne gruppert deltakere etter funksjon og belastning under øvelsen, men dette hadde krevd langt flere deltakere. Kjønnfordelingen mellom de ulike underavdelingene var dog relativt jevnt fordelt, som

utgjør et sikrere grunnlag i sammenlikningen mellom kjønnene. I tillegg var aktivitetsenergiomsetningen i denne studien lik mellom kjønnene, i motsetning til eksempelvis studien til Hoyt et al. (2006) hvor det var en signifikant forskjell både i aktivitetsenergiomsetning og basalenergiomsetning. Dette indikerer et sikrere grunnlag for å sammenlikne responser mellom kjønnene siden belastningen har vært lik mellom kjønnene.

Det kan dog være mulige feilkilder som kan ha ført til både under- og overestimering av energiomsetningen i studien. Den ene er relatert til den faktiske målemetoden. Vekten som ble plottet i ActiCal-måleenheten var kroppsvekt + $\frac{1}{3}$ av stridsutrustningsvekten. Årsaken til dette var for å ta høyde for den ekstra vektbelastningen utenom kroppsvekt, men vi adderte bare $\frac{1}{3}$ av denne siden den ikke ble båret konstant under øvelsen. Det var sannsynligvis store variasjoner i varighet deltakerne bar stridsutrustningen på grunn av de forskjellige funksjonene. Den andre mulige unøyaktigheten har sammenheng med usikkerheter i målinger med ActiCal knyttet til aktivitet som varierer i intensitet og bevegelsesmønstre. Store variasjoner i bevegelsesmønstre gir størst usikkerhet ifølge studier som har undersøkt validitet og reliabilitet ved energimålinger (Crouter, Churilla, & Bassett, 2006; Lyden, Kozey, Staudenmeyer, & Freedson, 2011). Høyintensive aktiviteter som «ild og bevegelse» og bevegelsesformer med store variasjoner vil sannsynligvis gjøre målingene mer unøyaktige, og føre til underestimering, og rolig aktivitet som gange og stillesitting overestimering. Sannsynligvis har det vært stor spredning aktivitetsmønstre blant deltakerne på grunn av ulike soldatfunksjoner, og man kan derfor ikke utelukke variasjoner i usikkerhet i energimålingene. Til tross for usikkerhetene virker den faktiske energiomsetningen å være pålitelig sett i lys av innholdet og forholdene under øvelsen, sammenliknet med andre studier.

Det kan ha forekommet underrapporteringer i energiinntaket eller at ikke all mat til overs ble levert. Fem kvinner hadde gjennomsnittlig energiinntak på <2000 kcal pr døgn, hvor en hadde bare 1100 kcal pr døgn, mens seks menn hadde energiinntak <2500 kcal pr døgn, hvor en hadde 2000 kcal pr døgn. Dette er knapt nok til å dekke basalenergibehovet og vil antakelig gi sterk sultfølelse. Siden deltakerne kunne spise ad libitum og det er lite sannsynlig at de ville utsette seg selv for sterk sultfølelse gjennom øvelsen, kan det tyde på underrapporteringer. På den andre siden kunne spising være vanskelig i deler av øvelsen med høyt tempo, hvor man forflyttet seg til fots eller

gjennomførte de spesifikke operasjonene. Derfor har deltakerne antakelig ikke hatt fullstendig råderett over når de kunne spise. Studiene til Margolis et al. (2016) og Margolis et al. (2014) viste at deltakeren i disse studiene hadde stor negativ energibalansen til tross for tilgjengelig mat.

Den negative energibalansen og belastningen var adskillig større i andre studier med stor grad av multifaktorielt stress, hvor de fant større reduksjoner i kroppsmassen (Hoyt et al., 2006; Nindl et al., 2007; Nindl et al., 1997; Nindl et al., 2002; Welsh et al., 2008). Sammenlignet med både energibalansen og belastningen i vår studie ser størrelsen på reduksjonen av kroppsmassen ut til å være pålitelig. Korrelasjonen mellom energibalansen og reduksjonen av kroppsmassen for begge kjønn samlet underbygger dette, men optimalt burde denne korrelasjon vært sterkere for at energidataene skulle vært mer pålitelig. Dette gjør at man må anvende energidataen forsiktighet.

Den svært store spredning blant deltakerne for hvert kjønn både i energiomsetning, energiinntak og energibalanse viser at stresset deltakerne har vært utsatt for, også sannsynligvis er svært forskjellig. Det er viktig å ta med seg i den videre diskusjonen i endringene mellom kjønnene.

5.4 Endring av kroppssammensetning

Reduksjonen av kroppsmassen som ble funnet i denne studien er lavere enn andre studier som har hatt total større negativ energibalanse over lengre varighet og større belastning, som i studiene til Hoyt et al. (2006), Nindl et al. (2007; 1997) og Welsh et al. (2008). Dog var reduksjonen tilsvarende som i studien til Margolis et al. (2014) enda denne hadde større negativ energibalanse pr døgn over lengre varighet. Muskelmassen ble videre også redusert i studiene til Hoyt et al. (2006), Nindl et al. (2007; 1997; 2002) og Welsh et al. (2008) i motsetning til denne studien, og studiene til Hoyt et al. (2006) og Nindl et al. (2007; 1997) målte og fant også større reduksjoner i fettmassen enn i denne studien. Størrelsen på reduksjonen av kroppsmasse og fettmasse, og ikke reduksjon av muskelmasse i denne studien til forskjell fra andre, er logisk sett i sammenheng med belastning og energibalansen. Øvelsen hadde generelt en lav belastning, som har gitt gunstige betingelser for å anvende fett som energikilde, samt å spare glykogen (Purdom et al., 2018; Romijn et al., 1993). Energiinntaket var i tillegg relativt høyt, og regelmessig inntak av tilstrekkelige mengder karbohydrater og

amino syrer ser ut til å ha motvirket tapet av muskelmasse. En relativt god treningstilstand på deltakerne kan ha bidratt til at de kunne forbrenne fett også på mer intense deler av øvelsen siden god treningstilstand er viktig for å kunne forbrenne fett ved høyere intensitet (Lima-Silva et al., 2010; Scharhag-Rosenberger, Meyer, Walitzek, & Kindermann, 2010). Energiunderskuddet har antakelig ikke har vært stort nok til at organismen har brutt ned muskelmasse i mangel på karbohydrater (Frayn, 2010; Hue & Taegtmeier, 2009) slik andre studier viser ved øvelser med større belastning og energiunderskudd. Selv om at ikke gruppene reduserte muskelmassen signifikant samlet, ble denne reduserte for enkelte både kvinnelige og mannlige deltakere. Den ble likeledes også økt i løpet av øvelsen for enkelte kvinnelige og mannlige deltakere. Endringene er dog relativt små, og kan derfor skyldes unøyaktigheter i målingene, men en skal utelukke en slik spredning da nettopp også energibalansen og energiomsetningen hadde store spredninger. Allikevel var det ikke korrelasjon mellom endring av muskelmasse og energibalansen eller energiomsetningen.

Det er få andre studier som har sett på endring av kroppssammensetning under øvelser med liten negativ energibalanse som i denne studien, og i sær grad også hvor kvinner er inkludert. Funn i denne studien peker uansett i retning av effektene av kvinners eventuelle bedre fettoksideringsevne enn menn (Horton et al., 1998; Hunter, 2014; Lundsgaard & Kiens, 2014; Tarnopolsky, 2000, 2008), sannsynligvis først gjør seg gjeldene ved større negativ energibalanse og stor grad av multifaktorielt stress, slik Hoyt et al. (2006) fant i studien sin. En vesentlig merkannd til studien til Hoyt et. al (2006) er dog at menn hadde en større total belastning vist gjennom større aktivitetsenergiomsetning enn kvinner. Dette kan ha krevet mer mobilisering av amino syrer fra muskelproteiner til energiomsetningen enn kvinner, og derav være med på å forklare funnet av større tap av muskelmasse for menn enn kvinner.

Som forventet hadde kvinner større fettmasse enn menn ved baseline (Aspenes et al., 2011; Sharp et al., 2002), og siden større fettmasse kan være gunstig for fettoksideringsevne (Lundsgaard & Kiens, 2014) kunne en antatt enn sammenheng mellom at en større baseline fettmasse ville gitt større forbrenning av fettmasse. Et interessant funn er at korrelasjonen viste dog det motsatte for kvinner, hvor de med størst baseline fettmasse reduserte denne minst under øvelsen for kvinner. Dette kan ha en sammenheng med aktivitetsmønsteret, hvor de med større fettmasse har hatt mindre

aktivitetsenergiomsetning på grunn av lavere fysisk form, slik korrelasjonen mellom fettmasse og prestasjon i bip-test ved baseline viser. En annen forklaring kan være at energiinntaket har vært større for de med størst baseline fettmasse på grunn av appetittmekanismer (Lundsgaard & Kiens, 2014).

Fettmasse ble redusert med henholdsvis 1,2 kg for kvinner og 1,5 kg for menn under øvelsen. At fettmassen ikke var restituert tilbake til baseline etter 72 timer har logiske forklaringer. Fettmasse tilsvarende 1,5 kg utgjør ca. 13500 kcal i ren lagringsenergi (9 kcal pr gr.), i tillegg til noe energi som går til tapt til varme og andre prosesser (Frayn, 2010). Dersom man antar at deltakerne var relativt lite fysisk aktiv de første 72 timer, utover de fysiske testene, hadde de et ca. estimert energibehov pr døgn utenom syntetiseringen på henholdsvis 2500 kcal for kvinner og 3000 kcal for menn (Raastad et al., 2011). Fettmassereduksjonen utgjorde 5000 kcal pr døgn ekstra på de første 72 timer, og til tross for økt appetitt vil et inntak på > 7500 kcal i døgnet være ekstremt mye. Fettsyntesen har begrensninger i hastigheten (Purdom et al., 2018) og vil derfor også utgjøre begrensninger i hvor raskt fettmassen kommer tilbake. Studien til Nindl et al. (1997) viste dog at en reduksjon av fettmasse på 5 kg (42,6 %) etter en 62 dager veldig krevende militær trening var tilbake med nesten 200 % etter 5 uker.

Det ble ikke målt energiomsetning eller registret energiinntak under restitusjonsperioden, og derav er det usikkert hvordan energibalansen har vært for deltakerne. Dette er en svakhet, da både inntatt mengde energi og sammensetningen påvirker restitusjonen (Ferrier, 2014; Frayn, 2010; Raastad et al., 2011). Reduksjonen av kropps- og fettmassen i løpet av øvelsen var antageligvis så stor, at det førte til økt appetitt i restitusjonsperioden. I kombinasjon med tilgjengelig mat kan en anta at inntatt mengde mat var tilstrekkelig for en gunstig restitusjon, dog med usikkerheter. $\frac{1}{3}$ del av fettmassen (ca. 0,5 kg) var restituert tilbake for begge kjønn ved post72, som tyder på en positiv energibalanse. Med samme hastighet på fettsyntesen ville forsøkspersonene vært tilbake til baselineverdier etter ca. 9 døgn.

Det ble ikke funnet forskjeller på hastigheten på fettsyntesen mellom kvinner og menn, som tyder på lik regulering av de metabolske prosesser mellom kjønn i restitusjon. Et vesentlig utgangspunkt for dette, kan være at det multifaktorielle stresset under øvelsen ikke var stort nok til å trigge frem de mulige kjønnsforskjellene, og at muskelmasse ikke

var tilstrekkelig redusert for å provosere frem en konkurranse av energifluxen til gjenoppbygging av fettmassen og muskelmassen i restitusjonsperioden. Muskelmassen ble dog redusert både for enkelte kvinnelige og mannlige forsøkspersoner. Det kan ha påvirket restitusjonen for enkelte forsøkspersoner uten at forskjellene ble synlig for gruppene samlet sett.

En annen årsak til at det ikke ble funnet forskjeller mellom kjønnene, kan være for få kvinnelige deltakere i studien. Minste gruppestørrelse ble beregnet til 14 deltakere per gruppe for å kunne forvente signifikante forskjeller mellom gruppene, og med henholdsvis 14 kvinnelige deltakere på pretester og 13 på resterende tester var antall deltakere i grenseland, både for å kunne finne forskjeller i endringer i kroppssammensetning og fysisk prestasjon.

5.5 Endring av fysisk prestasjon

5.5.1 Prestasjon på bip-test

Under øvelsen

At det ikke ble funnet en reduksjon i kondisjon i vår studie sammenliknet med studien til Guezennec et al. (1994), hvor kondisjonen ($VO_{2\text{ maks}}$) ble redusert med 8 % ($l \cdot \text{min}^{-1}$) for gruppen som inntok minst energi, er kanskje som forventet. Størrelsen på den negative energibalansen kunne ført til reduksjon av glykogenlagrene som igjen kunne påvirket prestasjonen (Baker et al., 2010; Purdom et al., 2018; Romijn et al., 1993; Ørtenblad et al., 2013). Den negative energibalansen og belastningen var sannsynligvis ikke tilstrekkelig stor i vår studie til at dette har gitt en markant reduksjon i glykogenlagrene, og dermed ikke påvirket prestasjonen.

Dog kunne en kanskje forventet at en akkumulert perifer tretthet i løpet av øvelsen gjennom mekanisk og metabolsk stress (Tojima et al., 2016) ville redusere prestasjonen. Selv om gruppene ikke samlet reduserte kondisjonen, ble denne redusert for noen forsøkspersoner. Det ble dog ikke funnet korrelasjoner mellom verken energibalanse og endring av prestasjon i bip-test, eller aktivitetsenergiomsetning og endring av prestasjon i bip-test. Dette kan være logisk da akkumulert perifer tretthet nødvendigvis ikke reduserer kondisjonen, siden begrensningen i hovedsak ligger mer i oksygenleveringen til musklene og ikke skyldes perifere faktorer i muskler (Bassett, 2000; Joyner & Coyle, 2008; Åstrand & Rodahl, 2003). Dog må en slik forklaring anvendes forsiktig, da det

det er den totale oksidative kapasiteten som avgjør bip-test prestasjon, hvor også perifere faktorer i musklene kan avgjøre prestasjonen.

En annen viktig forklaring på at kondisjonen ikke ble redusert kan være fravær av dehydrering. En dehydrering på $> 2\%$ kan gi reduksjon i plasmavolum og økt viskositet i blodet, som igjen kan reduserer MV (Bassett, 2000; Joyner & Coyle, 2008; Åstrand & Rodahl, 2003). Dersom en dehydrering på 2% skulle inntruffet hadde dette tilsvart en reduksjon på ca. 1,2 kg (l) og 1,5 kg (l) vann for kvinner og menn. Dette var ikke tilfelle da reduksjonen av samlet kroppsmasse var på $2-3\%$, hvor fettmasse utgjorde en stor andel. En reduksjon på $2-3\%$ i kroppsmasse i denne studien er videre også lavere enn det Knapik et al. (1987), Johnson, Friedl, Frykman & Moore (1994) og Nindl et al. (2007) mener må inntreffe for at et signifikant prestasjonsfall skal inntreffe, men ingen av disse studiene har målt endring av kondisjon.

Korrelasjonen som ble funnet mellom menns reduksjon av muskelmasse og endring i prestasjon i bip-test, kan ligge i at redusert masse i seg selv gir gunstigere arbeidsøkonomiske betingelser for prestasjon i bip-testen siden man forflytter sin egen kroppsmasse, som gir et lavere energikrav og derav lavere oksygenkrav. Korrelasjoner mellom prestasjon i bip-test og fettmasse ved baseline for begge kjønn underbygger dette. Allikevel ble det ikke funnet en sammenheng mellom endring av prestasjon i bip-test og fettmasse eller total kroppsmasse for verken menn eller kvinner, og dersom årsakssammenhengen mellom redusert muskelmasse for menn og bedret prestasjon i bip-test er gunstigere arbeidsøkonomi, er det ulogisk at fettmasse og kroppsmasse ikke har tilsvarende korrelasjon. Derfor er denne sammenhengen antakelig tilfeldig.

Restitusjonsperioden

Bedret prestasjon på bip-test for menn i de første 24 timene i restitusjonsperioden i forhold til baseline er interessant og kanskje uventet. Økningen kan skyldes en treningseffekt. Dog er en fremgang tilsvarende $4,2\%$ en meget høy fremgang på så kort tid, hvor intensiteten sannsynligvis også måtte ha vært relativt høy ved repeterte anledninger for at adaptering skal inntreffe (Midgley, McNaughton, & Wilkinson, 2006). I tillegg burde sannsynligvis energibalansen vært i balanse for å oppnå treningseffekt. Dette gjør en økning gjennom treningseffekt lite sannsynlig. Allikevel vil aktiviteter som gange med tung sekk under øvelsen kunne gi tilpasningseffekter i

beinmuskulatur, som igjen kan påvirke prestasjon i bip-test positivt. Videre kan selvsagt en tilpasningseffekt ha oppstått, hvor deltakerne «lærte» å hente ut sitt maksimale kondisjonspotensiale (presset seg til maksimal) først etter tredje gjennomføring av testen, til tross for gjennomført tilvenning og to tester tidligere. En svakhet ved bip-testen er nettopp at man ikke kan kontrollere om VO_2 maks faktisk oppnås, slik man kan ved direkte måling av oksygenopptak (Bahr et al., 1991). Kvinner hadde ikke samme økning og dette sannsynliggjør dog at det er andre årsaker til økningen. Ser man dog på de individuelle endringene, er det flere kvinner som øker prestasjon i bip-test i restitusjonsperioden, fremfor reduksjon. Det kan indikere samme mønster som for menn. Dog skal man være meget forsiktig med en slik påstand da gruppen samlet ikke hadde en positiv endring.

Økningen for menn kan videre komme av en superkompensasjonseffekt (Hawley, Schabort, Noakes, & Dennis, 1997) dersom glykogenlagrene har vært redusert markant under øvelsen, i kombinasjon med tilstrekkelige karbohydrat loading i løpet av første fase av restitusjonsperioden (Jensen et al., 2011). En mulig forklaring til at kvinner ikke opplevde en slik effekt, kan ligge i den potensielle bedre fettoksideringsevnen (Carter et al., 2001; Horton et al., 1998; A. C. Maher et al., 2010; Mittendorfer et al., 2002; Roepstorff et al., 2002; Roepstorff et al., 2006; Tarnopolsky, 2000, 2008), som kan ha motvirket deres reduksjon av glykogenlagre i større grad enn menn, og derav ikke hatt en superkompensasjonseffekt siden avhenger av reduksjon av glykogenlagre. Allikevel er denne mulige forklaringen svært usikker da det ikke er andre funn som tyder på forskjeller i metabolismen mellom kjønnene under øvelsen. Videre er det ikke holdepunkter for at glykogenlagrene har vært redusert i stor grad under øvelsen som diskutert tidligere. Dette er avgjørende for at en superkompensasjon skal kunne oppstå (Hawley et al., 1997). Derfor er det lite sannsynlig at superkompensasjonseffekten kan forklare prestasjonsfremgangen for menn.

5.5.2 Anaerob effekt

Under øvelsen

De fleste studier som har undersøkt endring i anaerob prestasjon etter krevende militære øvelser har i motsetning til denne studien funnet en reduksjon, men dette ser ut til å ha en sammenheng med varighet på øvelsene og størrelse på den negative energibalansen. Nindl et al. (2002) fant en reduksjon i totalt arbeid målt ved 30 svikthopp på 15 % i

løpet av den tre dagers lange øvelsen, med energibalanse på -2900 kcal pr døgn, Welsh et al. (2008) fant en reduksjon i gjennomsnittlige effekt på 30 svikhopp på 9,1 % i løpet av den åtte dagers lange øvelsen med gjennomsnittlige energiomsetning på 3800 kcal og energibalanse på -1300 kcal pr døgn. Guezennec et al. (1994) fant en reduksjon på 14 % for den gruppen som også reduserte kondisjonen. Legg & Patton (1987) fant dog en økning i gjennomsnittlig og maksimal anaerob effekt i beinmuskulaturen under øvelsen i studien, både for kontrollgruppen (15 % og 14,3 %) og eksperimentgruppen (17 % og 14,7 %), mens gjennomsnittlig anaerob kapasitet ble redusert (7,3 %) i overkropp for eksperimentgruppen, og ikke endret for kontrollgruppen. Eksperimentgruppen lempet og løftet faktisk tyngde av granater og lunter, mens kontrollgruppen kun simulerte denne belastningen. Dette viser at spesifikk belastning på muskulatur bidrar til tretthet, som igjen reduserer anaerob effekt. Det ser ut til å være en kombinasjon mellom negativ energibalanse og belastningen på muskulatur som reduserer anaerob effekt på grunn av akkumulert tretthet (Tojima et al., 2016). Vår studie hadde antakelig ikke tilstrekkelig stor nok grad av multifaktorielt stress og belastning til at dette reduserte den anaerobe effekten. Dette er logisk sett i sammenheng med at glykogen spiller en vesentlig rolle for anaerob energifrigjøring (Baker et al., 2010; Purdom et al., 2018; Romijn et al., 1993; Ørtenblad et al., 2013). Som diskutert under endring av kondisjon er det lite som tyder på glykogenlagrene var tilstrekkelig redusert til at dette kunne påvirke fysisk prestasjon ved post0 testene.

Muskelmasse ble redusert i studien til Welsh et al. (2008) og Nindl et al. (2002) og dette er sannsynligvis en viktig forklaringsfaktor for reduksjonene den anaerobe effekten (Bangsbo et al., 1990; Simoneau & Bouchard, 1989). Ingen endring i anaerob effekt eller i muskelmasse i vår studie er derfor logisk, og har sannsynligvis sammenheng. Selv om at gruppene ikke endret prestasjonen samlet, var det både noen deltakere som reduserte og noen som økte EVAK-test tiden under øvelsen, men det ble ikke funnet korrelasjoner for verken endring av muskelmasse, fettmasse, aktivitetsenergiomsetning eller energibalanse i endringene. Årsaksforklaringer til de individuelle endringene er derfor usikkert, og en reduksjon kan skyldes akkumulert tretthet, mens en økning kan skyldes treningseffekt, tilpasningseffekt, normal variasjon både hos deltakerne og i målemetodene slik Angeltveit et al. (2016) fant i sin studie.

Restitusjonsperioden

Det var ingen endring i EVAK-test tidene under restitusjonsperioden som er naturlig med tanke på at ingen endring skjedde under øvelsen og at deltakerne hadde gjennomgått tilvenning.

5.5.3 Eksplosiv styrke – maksimal effekt

Under øvelsen

Det ser ut til å være en tilsvarende sammenheng mellom varighet på øvelsene, størrelse på den negative energibalansen og belastning, og reduksjon av maksimal effekt, som for reduksjon av anaerob effekt, i tidligere studier. Nindl et al. (2007; 1997) fant reduksjoner i maksimal effekt i svikthopp på 21 og 22 %, hvor disse kursene nettopp hadde en meget lang varighet på hele åtte uker og ga derav en totalt meget stor katabol tilsand med en daglig negativ energibalanse på -1000 kcal. Reduksjon i maksimal effekt var mindre i studiene til Nindl et al. (2002), Welsh et al. (2008) og Margolis et al. (2014), men større enn reduksjon i vår studie, hvor belastningen og energiunderskuddet også var større enn i vår studie. Størrelsen på reduksjonen i maksimal effekt ser derfor ut til å være riktig og som forventet, sett i sammenheng med det totale stresset og belastningen deltakerne gjennomgikk under øvelsen, sammenliknet med de andre studiene.

Reduksjon av kroppsmasse kan bidra til reduksjon av maksimal effekt på grunn av mindre kraft mot underlaget i satsen, og kan være med på å forklare endringene. Størrelsen på reduksjonene i kroppsmassen i alle nevnte studier, ser ut til å ha en viss sammenheng med reduksjonen i maksimal effekt. Det var størst reduksjon av kroppsmassen i studiene til Nindl et al. (2007; 1997), og kroppsmassen ble redusert ca. tilsvarende i studien til Welsh et al. (2008) som for menn i denne i studiene, mens kroppsmassen ble mindre redusert i studien til Margolis et al. (2014) og Nindl et al. (2002) enn for menn i denne studien. Det ble ikke funnet korrelasjon mellom endring av kroppsmasse eller fettmasse og endring av maksimal effekt i denne studien, men størrelsen på reduksjonen av kroppsmassen i denne studien mindre enn som Knapik et al. (1987), Johnson et al. (1994) og Nindl et al. (2007) mener må inntreffe for å redusere fysisk prestasjon.

En mer spesifikk faktor som kan spille en rolle, er størrelsen på reduksjon av muskelmassen på grunn av reduksjon av muskelproteiner og herunder kontraktile filamenter (Marcora & Miller, 2000; Nuzzo et al., 2008). Muskelmassen ble redusert mest (ca. 6 %) i studiene til Nindl et al. (2007; 1997), og ca. 2,3 % i studiene til Nindl et al. (2002) og Welsh et al. (2008), som viser logiske sammenhenger mellom størrelsen på endring av maksimal effekt. Det betyr antakelig at reduksjonen av muskelmasse har spilt en rolle i de tidligere studiene. Korrelasjonen mellom muskelmasse og maksimal effekt ved baseline underbygger nettopp sammenhengen mellom prestasjon i maksimal effekt og muskelmasse. En reduksjon av maksimal effekt til tross for en uendret muskelmasse i denne studien, samt ingen korrelasjon mellom disse endringene, er interessant og tyder dog på at også andre årsaker spiller en rolle.

Det er antakelig forskjeller i fiberrekruttering i de ulike fysiske testene, hvor type I-fibre sannsynligvis er mest delaktige i bip-testen, type-II fibre rekrutteres sannsynligvis i stor grad i EVAK-testen og alle fibertypene inkludert type IIX-fibre i svikthopp (Fitts & Widrick, 1996; Knuttgen & Kraemer, 1987; Pearson & McMahon, 2012). Siden ikke prestasjon i EVAK-testen eller bip-testen ble redusert, kan dette indikere at reduksjonen i maksimal effekt har sammenheng med påvirkning av II-X fibre. Det er studier som indikerer at negativ energibalanse fører til hormonell påvirkning gjennom redusert sekresjon av thyroideahormoner, som igjen gir langsommere muskelkontraksjoner og reduserer rekrutteringen av raske muskelfibre (Caiozzo, Herrick, & Baldwin, 1991; De Andrade et al., 2015). Dette kan absolutt være en logisk forklaring, men studiene er foreløpig kun gjennomført på rotter, og det er behov for flere studier som kan undersøke denne påvirkningen nærmere.

En annen forklaring kan ligge i mikroskader i muskulaturen som oppstår ved mekanisk og metabolsk stress (Enoka & Duchateau, 2008; Fridén & Lieber, 2001; Fry et al., 1994; MacIntosh et al., 2006; Semmler et al., 2013; Tojima et al., 2016). Bæring av en stridsutrustning på 43-44 kg under marsj, løfting av deler av denne (sekk) på og av ryggen, andre tunge løft, og ild og bevegelse (raske høyintensive forflytninger med innlagte nedsprang), kan ha rekruttert type II-fibre (Fitts & Widrick, 1996) i perioder under øvelsen, som derfor har akkumulert tretthet og mikroskader. Mikroskadene ser dog ikke ut til å ha vært tilstrekkelig til at det har påvirket prestasjonen i EVAK-testen eller bip-testen. Det kan være logisk, siden ikke alle fibre rekrutteres i disse testene, i

motsetning til svikthopp. Det ser videre ut til å være en sammenheng mellom nettopp belastningen i studiene som har undersøkt endring i maksimal effekt, hvor de med størst total belastning også viser størst reduksjon, men det er ikke mulig å si mer om hvordan den spesifikke muskelfiberrekrutteringen har vært i de ulike øvelsene, ut over en generell totalbelastning. Det ble ikke funnet korrelasjon mellom energibalanse eller aktivitetsenergiomsetning og endring av maksimal effekt. Det ble heller ikke tatt muskelbiopsier eller gjennomført direkte tester av muskulær tretthet som kan bekrefte eller avkrefte hvorvidt mikroskader har oppstått. Derfor er det usikkert hvorvidt mikroskader har oppstått.

Endringene i maksimal effekt kan også ligge i endringer i viskoelastisiteten i muskelsene bindevev og senen (Fry et al., 1994; Welsh et al., 2008). Svikthopp avhenger av en høy RFD, som igjen avhenger av en rask kraftoverføring fra muskel til sene. Størst mulig stivhet i akillessenen vil gi en raskere overføring av kraften fra musklene til hælknoklene, og mindre (Bojsen-Moller, Magnusson, Rasmussen, Kjaer, & Aagaard, 2005; Ishikawa & Komi, 2008). Dersom viskoelastisiteten i akillessenen og patellasenen er påvirket under øvelsen, kan dette redusere maksimal effekten. Dog skulle en anta at dette også ville gi utslag til hopp høyden, som ikke ble endret. Ingen av de tidligere studiene har undersøkt endring av viskoelastiske endringer etter militære øvelser. Derfor er en slik påvirkning foreløpig usikker.

Restitusjonsperioden

Det er et interessant funn at menn ikke viser antydning til å restituere maksimal effekt i svikthopp i løpet av den 72 timer lange restitusjonsperioden. Den samme indikasjonen gjelder for kvinner, men det er dog ikke sikre resultater siden reduksjonen ikke var signifikant under øvelsen. Dersom forklaringer til reduksjonen for menn ligger i mekanismer som raskt kan gjenopprettes i restitusjonen, ville antakelig maksimal effekt økt tilbake mot baseline innen 72 timer. Mekanismer som har redusert prestasjonen under øvelsen, ser derfor ut til å skyldes mekanismer som organismen anvender lang tid på å restituere.

En årsak kan derfor ligge i endringer i reduksjonen av kroppsmassen som tar relativt lang tid å restituere, men dersom reduksjonen av kroppsmassen utgjorde en medvirkende årsak til reduksjon i maksimal effekt, er det sannsynlig at maksimal effekt

hadde økt tilbake mot baseline i sammenheng med kroppsmassen i restitusjonsperioden. Det ble dog ikke funnet korrelasjoner mellom disse i restitusjonsperioden og derfor er det usikker hvorvidt endringen av kroppsmassen har spilt en rolle.

Dersom mekanismer i perifer tretthet er årsak til reduksjonen under øvelsen, skulle man anta at den maksimale effekten ville øke tilbake mot baseline utover i restitusjonsperioden, etter hvert som trettheten ble redusert. Dette kommer dog helt an på spesifikke årsaksmekanismer og graden av trettheten. En forklaring kan derav ligge i at det nettopp har oppstått mikroskader i muskulaturen som har påvirket prestasjonen i maksimal effekt, siden dette kan ta lang tid å restituere (Enoka & Duchateau, 2008; Fridén & Lieber, 2001; Tojima et al., 2016). En annen forklaring kan være relatert til studiene som indikerer at negativ energibalanse fører til langsommere muskelkontraksjoner og reduserer rekrutteringen av raske muskelfibre på grunn av endringer i thyroidehormonene (Caiozzo et al., 1991; De Andrade et al., 2015). I studiene ble det også funnet redusert hastighet på muskelkontraksjonen også i etterkant av fasen med negativ energibalanse, og vedvarer så lenge kroppsmassen er redusert fra status quo. Dette kan derav styrke teorien at den negative energibalansen er en medvirkende årsak til reduksjonen og en ikke restituerer tilbake i løpet av restitusjonsperioden. Kroppsmassen var ikke tilbake for menn etter 72 timer.

En annen mulig forklaring til manglende restitusjon, kan være at deltakerne faktisk restituerte, men på grunn av reduksjon i motivasjon til testingen ut over i restitusjonsperioden, kunne dette føre til en negativ kompensering for den faktiske restitusjonen. Sannsynligvis ville man kanskje sett en sammenheng for de andre fysiske testene dersom dette hadde vært en forklaring, og særlig menns økning av prestasjon i bip-test i restitusjonsperioden taler sterkt mot dette. Svikthopp er dog den testen i dette studiet som krever mest konsentrasjon og små inhiberinger som forstyrrer timing og kraftrekrutteringen kan ha potensielle store utslag i prestasjon. Samtidig er svikthoppstesten den testen som gir minst smerteubehag, og derfor kanskje er lettets å motivere seg til. Dersom DOMS oppstod ut over restitusjonsperioden, kan dette også ha påvirket prestasjonen. Dog er det ikke holdepunkter for at DOMS i seg selv reduserer prestasjon (Nosaka et al., 2002). I tillegg var kanskje ikke øvelsen hard nok til at dette ga store en høy grad av DOMS. Ingen av de andre testene ble heller ikke redusert i prestasjon i løpet av restitusjonsperioden. Dette tyder på deltakeren ikke har redusert

motivasjonen i løpet av restitusjonsperioden, eller opplevd økt grad av smerte som har påvirket prestasjonen negativt.

5.5.4 Eksplosiv styrke – hoppøyde

Under øvelsen

At maksimal effekt for menn ble endre, men ikke hoppøyde, kan skyldes at akkumulert tretthet faktisk bidro til reduksjon, som for maksimal effekt, men reduksjon av kroppsmasse kompenserte for reduksjonen i prestasjonen, siden en reduksjon i masse kan motvirke prestasjonsfall, eller øke prestasjon i hoppøyde (Viitasalo, Kyröläinen, Bosco, & Alen, 1987). Reduksjon av kroppsmasse ser dog ikke ut til å ha motvirket reduksjonen i hoppøyde i stor grad i studiene til Nindl et al. (2007), Welsh et al. (2008) og Margolis et al. (2014). Muskelmasse vil utgjøre et vesentlig bidrag for prestasjon i hoppøyde som for maksimal effekt (Marcora & Miller, 2000; Nuzzo et al., 2008), og reduksjonen av denne kan derfor ha vært en medvirkende årsak til prestasjonsfallet i studiene til Nindl et al. (2007) og Welsh et al. (2008). At hoppøyde ikke ble redusert i denne studien kan nettopp komme av ikke redusert muskelmasse, og reduksjon av kroppsmasse, hovedsakelig fettmasse vil påvirke hoppøyden positivt. Det ikke funnet sammenheng mellom endringer av hoppøyde og kroppsmasse under øvelsen, men i restitusjonsperioden viser korrelasjonen mellom endring av hoppøyde og fettmasse for menn en indikasjon på at økt kroppsmasse påvirker prestasjon i hoppøyde negativt, siden de med størst fettmasseakkumulering faktisk reduserte hoppøyden i restitusjonsperioden.

Det ble ikke funnet korrelasjoner mellom aktivitetsenergiomsetning og endring av hoppøyde, som eventuelt kunne underbygge sammenhenger mellom belastning, akkumulert tretthet og endring i prestasjon. Korrelasjonen mellom energibalanse og endring av hoppøyde for kvinner viser dog at de med minst negativ energibalanse har redusert hoppøyden minst. Dette kan være et tegn på at energitilgjengelighet under øvelsen er viktig for å motvirke prestasjonsfall, slik indikasjonene er for maksimal effekt.

Restitusjonsperioden

Det var ingen endring i hopp høyden under restitusjonsperioden, som også er naturlig med tanke på at ingen endring skjedde under øvelsen og at deltakerne hadde gjennomgått tilvenning.

5.5.5 Oppsummering og praktiske konsekvenser

At det ikke ble funnet forskjeller i endringer mellom kjønn, kan indikere at det ikke er vesentlige forskjeller i den fysiologiske responsen mellom kvinner og menn under og etter øvelser med liten grad av multifaktorielt stress. For få kvinnelige deltakere i studien kan dog ha utgjort begrensinger for at man skulle finne eventuelle forskjeller. I tillegg var det store variasjoner i soldatfunksjonen til forsøkspersonene. Dette har gitt store variasjoner i stresset forsøkspersonene ble utsatt for, observert gjennom stor spredning i vektbelastning, energiomsetning, energiinntak og energibalanse. Dette kan også ha påvirket til at det ikke ble funnet kjønnsmessige forskjeller i endringer.

Funnene viser dog at til dels store reduksjoner av eksplosiv styrke, kroppsmasse og fettmasse inntreffer ved en type øvelse som denne, hvor totalbelastningen og det multifaktorielle stresset har vært lav. Årsaksforklaringene til reduksjon av maksimal effekt for menn kan ligge i reduksjon i kroppsmasse, hormonelle påvirkninger som har ført til nedsatt hastighet på muskelkontraksjon på grunn av den negative energibalansen, perifere nevro-muskulære tretthetsmekanismer, eller endringer i de viskoelastiske egenskapene i muskel-sene systemet. Selv om at mekanismene som har ført til reduksjonen av maksimal effekt er usikre, er responsen som har oppstått vesentlige funn å ta med seg videre. Et forventet prestasjonsfall i eksplosiv styrke selv etter en slik øvelse som ble gjennomført i denne studien, kan være nok til å redusere stridsevnen for soldatene, i tilfeller hvor eksplosiv styrke er vesentlig, som raske korte forflytninger og tunge løft.

Restitusjonstiden av den eksplosive styrken er langvarig og over 72 timer. Det betyr at stridsevne som avhenger av eksplosiv styrke, forblir redusert i lang tid. Det er et vesentlig moment i sammenheng med planlegging av rekondisjoneringsperioder etter skarpe operasjoner, og planlegging av aktivitet i dagene rett i etterkant av øvelser. Man bør i begge tilfeller gjennomføre hensiktsmessige tiltak som søvn og ernæring og riktig tilpasning hva gjelder fysisk belastning, aktivitet og trening, for at den eksplosive

styrken skal restitueres raskest mulig tilbake. Legger man eksempelvis inn tunge fysiske belastninger for tidlig, eller har en dårlig ernæring i perioden rett etter en øvelse, vil sannsynligvis restitusjonen ta lengre tid. Det samme gjelder for restitusjon av kroppsmassen og fettmassen, hvor tilrettelegging for positiv energibalanse bør tilstrebes for at fettmassen øker til over anbefalt nedre grenser for soldater. Dette bidrar til å øke stridsevnen. Dog bør man være bevist på at reduksjon av kropps- og fettmasse i løpet av øvelser og operasjoner fører til økt appetitt i etterkant, og det er sannsynlig at overspising inntreffer med resultat at kroppsmasse og fettmasse kan øke til over baselineverdi. For høy kroppsmasse og fettmasse kan videre være ugunstig for stridsevnen, og derav er en for stor positiv energibalanse heller ikke gunstig.

Denne studien har ikke funnet forskjeller på responser mellom kjønn, og basert på dette kan man heller ikke si noe ytterligere om forskjeller mellom kjønn i anbefalinger i eksempelvis tilpasninger av belastninger under øvelser, eller tiltak i restitusjon i etterkant.

6. Konklusjon

Det ble ikke funnet forskjeller i endringen av fysisk prestasjon eller kroppssammensetning mellom kjønnene i løpet av øvelsen eller i restitusjonsperioden. Muskelmassen endret seg ikke for noen av kjønnene. Kroppsmasse og fettmasse ble redusert under øvelsen, og restituerte tilbake mot baseline i restitusjonsperioden for begge kjønn, men kun kvinner var helt tilbake i kroppsmasse etter 72 timer. Kvinner reduserte ikke fysisk prestasjon under øvelsen og prestasjonen var stabil i restitusjonsperioden. Maksimal effekt i svikthopp ble redusert under øvelsen for menn og denne ble ikke restituert i løpet av restitusjonsperioden på 72 timer. Menn bedret prestasjon i bip-test fra baseline til post24.

Funnene kan indikere at det ikke er vesentlige forskjeller mellom kjønnene i den fysiologiske responsen som påvirker kroppssammensetning og fysisk prestasjon under og etter en militær øvelse med liten grad av multifaktorielt stress tilsvarende som under øvelsen i denne studien. Man skal imidlertid være forsiktig med å overføre en slik konklusjon til alle militære øvelser og operasjoner, da forskjellene kan avhenge av graden på det multifaktorielle stresset. I tillegg er det en del usikkerheter knyttet til funnene i denne studien man bør ta hensyn til. Funnene kan likevel ha høy nytteverdi siden mange øvelser i forsvaret gjennomføres på en lignende måte som denne. Flere studier er videre nødvendig for å få mer kunnskap om forskjeller mellom kjønn, både under forhold med liten og stor grad av multifaktorielt stress.

Referanser

- Aandstad, A. (2011). Fysiske arbeidskrav for militært personell. Norges Idrettshøgskole/Forsvarets institutt.
- Aandstad, A., Holme, I., Berntsen, S., & Anderssen, S. (2011). Validity and Reliability of the 20 Meter Shuttle Run Test in Military Personnel. *Military Medicine*, 176(5), 513-518.
- Aandstad, A., Holtberget, K., Hageberg, R., Holme, I., & Anderssen, S. (2014). Validity and Reliability of Bioelectrical Impedance Analysis and Skinfold Thickness in Predicting Body Fat in Military Personnel. *Military Medicine*, 179(2), 208-217.
- Allison, K. F., Keenan, K. A., Sell, T. C., Abt, J. P., Nagai, T., Deluzio, J., . . . Lephart, S. M. (2015). Musculoskeletal, biomechanical, and physiological gender differences in the US military. *US Army Med Dep J*, 22-32.
- Angeltveit, A., Paulsen, G., Solberg, P. A., & Raastad, T. (2016). Validity, Reliability, and Performance Determinants of a New Job-Specific Anaerobic Work Capacity Test for the Norwegian Navy Special Operations Command. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 487.
- Aspenes, S. T., Nilsen, T. I., Skaug, E. A., Bertheussen, G. F., Ellingsen, O., Vatten, L., & Wisloff, U. (2011). Peak oxygen uptake and cardiovascular risk factors in 4631 healthy women and men. *Med Sci Sports Exerc*, 43(8), 1465-1473.
- Bahr, R., Hallén, J., & Medbø, J. I. (1991). *Testing av idrettsutøvere*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Baker, J. S., McCormick, M. C., & Robergs, R. A. (2010). Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2010.
- Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., Juel, C., Kiens, B., Mizuno, M., & Saltin, B. (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *The Journal of physiology*, 422, 539.
- Bassett, R. D. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1)

- Berg, U., Enqvist, J. K., Mattsson, C. M., Carlsson-Skwirut, C., Sundberg, C. J., Ekblom, B., & Bang, P. (2008). Lack of sex differences in the IGF-IGFBP response to ultra endurance exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 18(6), 706-714.
- Bojsen-Moller, J., Magnusson, S., Rasmussen, L., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 986-994.
- Brechue, W. F., & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *Eur J Appl Physiol*, 86(4), 327-336.
- Brodal, P. (2007). *Sentralnervesystemet* (4. utg). Oslo: Universitetsforlaget
- Burstein, R., Coward, A. W., Askew, W. E., Carmel, K., Irving, C., Shpilberg, O., . . . Epstein, Y. (1996). Energy expenditure variations in soldiers performing military activities under cold and hot climate conditions. *Mil Med*, 161(12), 750-754.
- Burstein, R., Epstein, Y., Coward, W. A., Sawyer, M. B., Moran, O., Irving, C. F., . . . Wiener, M. (1993). 231 Energy balance in subjects performing physical efforts in cold climate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(Supplement), S43.
- Bækken, L., & Teien, H. (2016). *Allmenn verneplikt militært multifaktorielt stress – er det kjønnsforskjeller?* FFI rapport. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt FFI.
- Caiozzo, V. J., Herrick, R. E., & Baldwin, K. M. (1991). Influence of hyperthyroidism on maximal shortening velocity and myosin isoform distribution in skeletal muscles. *Am J Physiol*, 261(2 Pt 1), C285-295.
- Carlock, M. J., Smith, L. S., Hartman, J. M., Morris, T. R., Ciroslan, A. D., Pierce, C. K., . . . Stone, H. M. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 534-539.
- Carter, S. L., Rennie, C., & Tarnopolsky, M. A. (2001). Substrate utilization during endurance exercise in men and women after endurance training. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280(6), E898-907.

- Clark, B. C., Collier, S. R., Manini, T. M., & Ploutz-Snyder, L. L. (2005). Sex differences in muscle fatigability and activation patterns of the human quadriceps femoris. *Eur J Appl Physiol*, 94(1-2), 196-206.
- Cooper, S. M., Baker, J. S., Tong, R. J., Roberts, E., & Hanford, M. (2005). The repeatability and criterion related validity of the 20 m multistage fitness test as a predictor of maximal oxygen uptake in active young men. *Br J Sports Med*, 39(4), e19.
- Cordesman, A. H. (2014). The Real Revolution in Military Affairs. *Center for Strategic and International Studies*. Hentet 20. april 2018 fra <https://www.csis.org/analysis/real-revolution-military-affairs>
- Crouter, S. E., Churilla, J. R., & Bassett, D. R., Jr. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. *Eur J Appl Physiol*, 98(6), 601-612.
- Cureton, K., Bishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S., & Zwiren, L. (1986). Sex difference in maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(6), 656-660.
- Dannecker, E. A., Koltyn, K. F., Riley, J. L., 3rd, & Robinson, M. E. (2003). Sex differences in delayed onset muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness*, 43(1), 78-84.
- De Andrade, P. B., Neff, L. A., Strosova, M. K., Arsenijevic, D., Patthey-Vuadens, O., Scapozza, L., . . . Dorchies, O. M. (2015). Caloric restriction induces energy-sparing alterations in skeletal muscle contraction, fiber composition and local thyroid hormone metabolism that persist during catch-up fat upon refeeding. *Front Physiol*, 6, 254.
- Edwards, J., Roberts, D., & Mutter, S. (1992). Rations for use in a cold environment. *Journal Of Wilderness Medicine*, 3(1), 27-47.
- Enoka, R. M. (2012). Muscle fatigue--from motor units to clinical symptoms. *J Biomech*, 45(3), 427-433.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol*, 586(1), 11-23.

- Enoka, R. M., & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* (1985), 72(5), 1631-1648.
- Enoksen, E., Tjelta, L. I., Tønnessen, E., & Hallén, J. (2013). *Utholdenhetstrening : forskning og beste praksis*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Enoksen, E., Tønnessen, E., & Shalfawi, S. (2009). Validity and reliability of the Newtest Powertimer 300-series® testing system. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 77-84.
- Esbjornsson-Liljedahl, M., Sundberg, C. J., Norman, B., & Jansson, E. (1999). Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J Appl Physiol* (1985), 87(4), 1326-1332.
- Ettinger, S. M., Silber, D. H., Collins, B. G., Gray, K. S., Sutliff, G., Whisler, S. K., . . . Sinoway, L. I. (1996). Influences of gender on sympathetic nerve responses to static exercise. *J Appl Physiol* (1985), 80(1), 245-251.
- Ferrier, D. R. (2014). *Biochemistry* (6. utg). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Fillingim, R. B., King, C. D., Ribeiro-Dasilva, M. C., Rahim-Williams, B., & Riley, J. L., 3rd. (2009). Sex, gender, and pain: a review of recent clinical and experimental findings. *J Pain*, 10(5), 447-485.
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev*, 24, 427-473.
- Flouris, A. D., Metsios, G. S., & Koutedakis, Y. (2005). Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 166.
- Fry, C. A., Kraemer, J. W., Borselen, V. F., Lynch, M. J., Marsit, L. J., Roy, P. E., . . . Knuttgen, G. H. (1994). Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(9), 1165-1173.
- Forsvaret. (2016). 2. bataljon. Hentet 20. april 2018 fra <https://forsvaret.no/fakta/organisasjon/Haeren/Brigade-Nord/2-bataljon>

- Forsvaret. (2017). 2. bataljon. Hentet 20. april 2018 fra <https://forsvaret.no/karriere/forstegangstjeneste/muligheter/haren/2-bataljon>
- Forsvaret. (2018). Hæren. Hentet 20. april 2018 fra <https://forsvaret.no/fakta/organisasjon/Haeren>
- Forsvarets høgsskole (2014). Forsvarets fellesoperative doktrine. Hentet 20. april 2018 fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/317149/FFOD%202014.pdf>
- Forsvarets høgsskole (2016). Reglement om fysisk testing. Oslo: Forsvarets høgsskole.
- Forsvarsloven (2016) *Lov om verneplikt og tjeneste i Forsvaret m. m.* Trådt i kraft 1.juli 2017. Hentet 20. april 2018 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2016-08-12-77>
- Frayn, K. N. (2010). *Metabolic Regulation : A Human Perspective* (3. utg). Hoboken: Wiley.
- Fridén, J., & Lieber, R. L. (2001). Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 321-326.
- Friedlander, A. L., Casazza, G. A., Horning, M. A., Huie, M. J., Piacentini, M. F., Trimmer, J. K., & Brooks, G. A. (1998). Training-induced alterations of carbohydrate metabolism in women: women respond differently from men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 85(3), 1175.
- Fry, C. A., Kraemer, J. W., Borselen, V. F., Lynch, M. J., Marsit, L. J., Roy, P. E., . . . Knuttgen, G. H. (1994). Performance decrements with high-intensity resistance exercise overtraining. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26(9), 1165-1173.
- Frøyd, C., Sæterdal, R., & Wisnes, A. R. (2005). *Utholdenhet : trening som gir resultater*. Oslo: Akilles.
- Fulco, C. S., Rock, P. B., Muza, S. R., Lammi, E., Cymerman, A., Butterfield, G., . . . Lewis, S. F. (1999). Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. *Acta Physiol Scand*, 167(3), 233-239.

- Gandevia, S. C., Allen, G. M., Butler, J. E., & Taylor, J. L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *J Physiol*, 490 (Pt 2), 529-536.
- Gastin, P. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725-741.
- Gollnick, P. D., Korge, P., Karpakka, J., & Saltin, B. (1991). Elongation of skeletal muscle relaxation during exercise is linked to reduced calcium uptake by the sarcoplasmic reticulum in man. *Acta Physiol Scand*, 142(1), 135-136.
- Guezennec, C. Y., Satabin, P., Legrand, H., & Bigard, A. X. (1994). Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 68(6), 525-530.
- Hackney, A. C., Shaw, J. M., Hodgdon, J. A., Coyne, J. T., & Kelleher, D. L. (1991). Cold exposure during military operations: effects on anaerobic performance. *J Appl Physiol (1985)*, 71(1), 125-130.
- Hallén, J., & Ronglan, L. T. (2011). *Treningslære for idrettene*. Oslo: Akilles.
- Harms, C. A., & Rosenkranz, S. (2008). Sex differences in pulmonary function during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 40(4), 664-668.
- Hauswirth, C., & Le Meur, Y. (2011). Physiological and nutritional aspects of post-exercise recovery: specific recommendations for female athletes. *Sports Med*, 41(10), 861-882.
- Havel, P. J., Kasim-Karakas, S., Dubuc, G. R., Mueller, W., & Phinney, S. D. (1996). Gender differences in plasma leptin concentrations. *Nat Med*, 2(9), 949-950.
- Hawley, J. A., Schabort, E. J., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Carbohydrate-loading and exercise performance. An update. *Sports Med*, 24(2), 73-81.
- Henning, P. C., Park, B. S., & Kim, J. (2011). Physiological Decrements During Sustained Military Operational Stress. *Milit. Med.*, 176(9), 991-997.

- Hopkins, G. W., Marshall, W. S., Batterham, M. A., & Hanin, M. J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-12.
- Hopkins, S. R., & Harms, C. A. (2004). Gender and pulmonary gas exchange during exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, 32(2), 50-56.
- Horton, T. J., Pagliassotti, M. J., Hobbs, K., & Hill, J. O. (1998). Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 85(5), 1823.
- Hoyt, R. W., Opstad, P. K., Haugen, A. H., DeLany, J. P., Cymerman, A., & Friedl, K. E. (2006). Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am J Clin Nutr*, 83(5), 1068-1075.
- Hue, L., & Taegtmeyer, H. (2009). The Randle cycle revisited: a new head for an old hat. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 297(3), E578-591.
- Hunter, S. K. (2014). Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. *Acta Physiol (Oxf)*, 210(4), 768-789.
- Hunter, S. K. (2016). The Relevance of Sex Differences in Performance Fatigability. *Med Sci Sports Exerc*, 48(11), 2247-2256.
- Hunter, S. K., Critchlow, A., Shin, I. S., & Enoka, R. M. (2004). Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. *J Appl Physiol (1985)*, 96(1), 195-202.
- Hunter, S. K., Thompson, M. W., Ruell, P. A., Harmer, A. R., Thom, J. M., Gwinn, T. H., & Adams, R. D. (1999). Human skeletal sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ uptake and muscle function with aging and strength training. *J Appl Physiol (1985)*, 86(6), 1858-1865.
- Ishikawa, V. M., & Komi, V. P. (2008). Muscle Fascicle and Tendon Behavior During Human Locomotion Revisited. *Exerc Sport Sci Rev*, 36(4), 193-199.
doi:10.1097/JES.0b013e3181878417
- Jensen, J., Rustad, P. I., Kolnes, A. J., & Lai, Y. C. (2011). The role of skeletal muscle glycogen breakdown for regulation of insulin sensitivity by exercise. *Front Physiol*, 2, 112.

- Johnson, M. J., Friedl, K. E., Frykman, P. N., & Moore, R. J. (1994). Loss of muscle mass is poorly reflected in grip strength performance in healthy young men. *Med Sci Sports Exerc*, 26(2), 235-240.
- Jones, P. J., Jacobs, I., Morris, A., & Ducharme, M. B. (1993). Adequacy of food rations in soldiers during an arctic exercise measured by doubly labeled water. *J Appl Physiol* (1985), 75(4), 1790-1797.
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. In (Vol. 586, pp. 35-44). Oxford, UK.
- Kent-Braun, J. A., Fitts, R. H., & Christie, A. (2012). Skeletal muscle fatigue. *Compr Physiol*, 2(2), 997-1044.
- Knapik, J. J., Jones, B. H., Meredith, C., & Evans, W. J. (1987). Influence of a 3.5 day fast on physical performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(4), 428-432.
- Knuttgen, G. H., & Kraemer, J. W. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1(1), 1-10.
- Kreidler, S. M., Muller, K. E., Grunwald, G. K., Ringham, B. M., Coker-Dukowitz, Z. T., Sakhadeo, U. R., . . . Glueck, D. H. (2013). GLIMMPSE: Online Power Computation for Linear Models with and without a Baseline Covariate. *Journal of statistical software*, 54(10).
- Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjokvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., & Curtner-Smith, M. (2010). Effect of gender on fatigue and recovery following maximal intensity repeated sprint performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(3), 243-253.
- Leger, L., & Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Can J Sport Sci*, 14(1), 21-26.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 49(1), 1-12.
- Legg, S. J., & Patton, J. F. (1987). Effects of sustained manual work and partial sleep deprivation on muscular strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(1), 64-68.

- Li, J. L., Wang, X. N., Fraser, S. F., Carey, M. F., Wrigley, T. V., & McKenna, M. J. (2002). Effects of fatigue and training on sarcoplasmic reticulum Ca(2+) regulation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985)*, 92(3), 912-922.
- Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R. C. M., Pires, F. O., Gagliardi, J. F. L., Barros, R. V., Hammond, J., & Kiss, M. A. P. D. M. (2010). Relationship Between Training Status and Maximal Fat Oxidation Rate. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(1), 31-35.
- Liu, D., Sartor, M. A., Nader, G. A., Gutmann, L., Treutelaar, M. K., Pistilli, E. E., . . . Gordon, P. M. (2010). Skeletal muscle gene expression in response to resistance exercise: sex specific regulation. *BMC Genomics*, 11, 659.
- Lundsgaard, A. M., & Kiens, B. (2014). Gender differences in skeletal muscle substrate metabolism - molecular mechanisms and insulin sensitivity. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 5, 195.
- Lyden, K., Kozey, S. L., Staudenmeyer, J. W., & Freedson, P. S. (2011). A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations. *Eur J Appl Physiol*, 111(2), 187-201.
- MacIntosh, B. R., McComas, A. J., & Gardiner, P. F. (2006). *Skeletal muscle : form and function* (2. utg). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Madsen, K., Franch, J., & Clausen, T. (1994). Effects of intensified endurance training on the concentration of Na,K-ATPase and Ca-ATPase in human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*, 150(3), 251-258.
- Maher, A. C., Akhtar, M., Vockley, J., & Tarnopolsky, M. A. (2010). Women have higher protein content of beta-oxidation enzymes in skeletal muscle than men. *PLoS One*, 5(8), e12025.
- Maher, A. C., Fu, M. H., Isfort, R. J., Varbanov, A. R., Qu, X. A., & Tarnopolsky, M. A. (2009). Sex Differences in Global mRNA Content of Human Skeletal Muscle. *PLoS ONE*, 4(7), e6335.
- Marcora, S., & Miller, M. K. (2000). The effect of knee angle on the external validity of isometric measures of lower body neuromuscular function. *Journal of Sports Sciences*, 18(5), 313-319.

- Margolis, L. M., Murphy, N. E., Martini, S., Gundersen, Y., Castellani, J. W., Karl, J. P., . . . Pasiakos, S. M. (2016). Effects of Supplemental Energy on Protein Balance during 4-d Arctic Military Training. *Med Sci Sports Exerc*, 48(8), 1604-1612.
- Margolis, L. M., Murphy, N. E., Martini, S., Spitz, M. G., Thrane, I., McGraw, S. M., . . . Pasiakos, S. M. (2014). Effects of winter military training on energy balance, whole-body protein balance, muscle damage, soreness, and physical performance. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39(12), 1395-1401.
- Marliss, E. B., Kreisman, S. H., Manzon, A., Halter, J. B., Vranic, M., & Nessim, S. J. (2000). Gender differences in glucoregulatory responses to intense exercise. *J Appl Physiol* (1985), 88(2), 457-466.
- Marriott, B. M. (1995). *When Does Energy Deficit Affect Soldier Physical Performance?* Washington (DC): National Academies Press (US).
- Martin, P. G., Weerakkody, N., Gandevia, S. C., & Taylor, J. L. (2008). Group III and IV muscle afferents differentially affect the motor cortex and motoneurons in humans. *J Physiol*, 586(5), 1277-1289.
- Mattilsynet. (2017). Matvaretabellen. Hentet 20. april 2018 fra <http://www.matvaretabellen.no>
- Maud, P. J., & Shultz, B. B. (1986). Gender comparisons in anaerobic power and anaerobic capacity tests. *British Journal of Sports Medicine*, 20(2), 51.
- Mayhew, J. L., & Salm, P. C. (1990). Gender differences in anaerobic power tests. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 60(2), 133-138.
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2015). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* (8th intl. ed. ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med*, 36(2), 117-132.

- Mittendorfer, B., Horowitz, J. F., & Klein, S. (2002). Effect of gender on lipid kinetics during endurance exercise of moderate intensity in untrained subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 283(1), E58-65.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75(3), 193-199.
- Murphy, M. N., Mizuno, M., Mitchell, J. H., & Smith, S. A. (2011). Cardiovascular regulation by skeletal muscle reflexes in health and disease. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 301(4), H1191-1204.
- NATO research & technology organization (2009). Optimizing Operational Physical Fitness. Hentet 20. april 2018 fra <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a502544.pdf>
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., & Warren, M. P. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc*, 39(10), 1867-1882.
- Nindl, B. C., Barnes, B. R., Alemany, J. A., Frykman, P. N., Shippee, R. L., & Friedl, K. E. (2007). Physiological consequences of U.S. Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1380-1387.
- Nindl, B. C., Friedl, K. E., Frykman, P. N., Marchitelli, L. J., Shippee, R. L., & Patton, J. F. (1997). Physical performance and metabolic recovery among lean, healthy men following a prolonged energy deficit. *Int J Sports Med*, 18(5), 317-324.
- Nindl, B. C., Jones, B. H., Van Arsdale, S. J., Kelly, K., & Kraemer, W. J. (2016). Operational Physical Performance and Fitness in Military Women: Physiological, Musculoskeletal Injury, and Optimized Physical Training Considerations for Successfully Integrating Women Into Combat-Centric Military Occupations. *Mil Med*, 181(1 Suppl), 50-62.
- Nindl, B. C., Leone, C. D., Tharion, W. J., Johnson, R. F., Castellani, J. W., Patton, J. F., & Montain, S. J. (2002). Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc*, 34(11), 1814-1822.

- Nindl, B. C., Mahar, M. T., Harman, E. A., & Patton, J. F. (1995). Lower and upper body anaerobic performance in male and female adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 27(2), 235.
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports*, 12(6), 337-346.
- Nuzzo, L. J., McBride, M. J., Cormie, O. P., & McCaulley, O. G. (2008). Relationship Between Countermovement Jump Performance and Multijoint Isometric and Dynamic Tests of Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 699-707.
- Oosthuysen, T., & Bosch, A. N. (2010). The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Med*, 40(3), 207-227.
- Oosthuysen, T., & Bosch, A. N. (2012). Oestrogen's regulation of fat metabolism during exercise and gender specific effects. *Curr Opin Pharmacol*, 12(3), 363-371.
- Parker, B. A., Smithmyer, S. L., Pelberg, J. A., Mishkin, A. D., Herr, M. D., & Proctor, D. N. (2007). Sex differences in leg vasodilation during graded knee extensor exercise in young adults. *J Appl Physiol* (1985), 103(5), 1583-1591.
- Pearson, S., & McMahon, J. (2012). Lower Limb Mechanical Properties. In (Vol. 42, pp. 929-940). Auckland: Springer Science & Business Media.
- Porter, M. M., Stuart, S., Bojj, M., & Lexell, J. (2002). Capillary supply of the tibialis anterior muscle in young, healthy, and moderately active men and women. *J Appl Physiol* (1985), 92(4), 1451-1457.
- Proctor, D. N., Beck, K. C., Shen, P. H., Eickhoff, T. J., Halliwill, J. R., & Joyner, M. J. (1998). Influence of age and gender on cardiac output-VO₂ relationships during submaximal cycle ergometry. *J Appl Physiol* (1985), 84(2), 599-605.
- Purdom, T., Kravitz, L., Dokladny, K., & Mermier, C. (2018). Understanding the factors that effect maximal fat oxidation. *J Int Soc Sports Nutr*, 15, 3.
- Raastad, T., Helle, C., & Garthe, I. (2011). *Idrettsernæring*. Oslo: Gyldendal.

- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening : i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Br J Sports Med*, 22(4), 141-144.
- Roatta, S., & Farina, D. (2010). Sympathetic actions on the skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev*, 38(1), 31-35.
- Roepstorff, C., Steffensen, C. H., Madsen, M., Stallknecht, B., Kanstrup, I. L., Richter, E. A., & Kiens, B. (2002). Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(2), E435-447.
- Roepstorff, C., Thiele, M., Hillig, T., Pilegaard, H., Richter, E. A., Wojtaszewski, J. F., & Kiens, B. (2006). Higher skeletal muscle alpha2AMPK activation and lower energy charge and fat oxidation in men than in women during submaximal exercise. *J Physiol*, 574(Pt 1), 125-138.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol*, 265(3 Pt 1), E380-391.
- Roth, S. M., Ferrell, R. E., Peters, D. G., Metter, E. J., Hurley, B. F., & Rogers, M. A. (2002). Influence of age, sex, and strength training on human muscle gene expression determined by microarray. *Physiol Genomics*, 10(3), 181-190.
- Roza, A. M., & Shizgal, H. M. (1984). The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *Am J Clin Nutr*, 40(1), 168-182.
- Russ, D. W., & Kent-Braun, J. A. (2003). Sex differences in human skeletal muscle fatigue are eliminated under ischemic conditions. *J Appl Physiol (1985)*, 94(6), 2414-2422.
- Russ, D. W., Lanza, I. R., Rothman, D., & Kent-Braun, J. A. (2005). Sex differences in glycolysis during brief, intense isometric contractions. *Muscle Nerve*, 32(5), 647-655.

- Sadamoto, T., Bonde-Petersen, F., & Suzuki, Y. (1983). Skeletal muscle tension, flow, pressure, and EMG during sustained isometric contractions in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *51*(3), 395-408.
- Saito, Y., Iemitsu, M., Otsuki, T., Maeda, S., & Ajisaka, R. (2008). Gender differences in brachial blood flow during fatiguing intermittent handgrip. *Med Sci Sports Exerc*, *40*(4), 684-690.
- Sandbakk, O., Solli, G. S., & Holmberg, H. C. (2017). Sex Differences in World Record Performance: The Influence of Sport Discipline and Competition Duration. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-23.
- Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol*, *84*(1-2), 122-126.
- Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Walitzek, S., & Kindermann, W. (2010). Effects of one year aerobic endurance training on resting metabolic rate and exercise fat oxidation in previously untrained men and women. Metabolic endurance training adaptations. *Int J Sports Med*, *31*(7), 498-504.
- Semmler, J. G., Ebert, S. A., & Amarasena, J. (2013). Eccentric muscle damage increases intermuscular coherence during a fatiguing isometric contraction. *Acta Physiol (Oxf)*, *208*(4), 362-375.
- Sharp, M. A., Patton, J. F., Knapik, J. J., Hauret, K., Mello, R. P., Ito, M., & Frykman, P. N. (2002). Comparison of the physical fitness of men and women entering the U.S. Army: 1978-1998. *Med Sci Sports Exerc*, *34*(2), 356-363.
- Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1989). Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am J Physiol*, *257*(4 Pt 1), E567-572.
- Sorge, R. E., & Totsch, S. K. (2017). Sex Differences in Pain. *J Neurosci Res*, *95*(6), 1271-1281.
- Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., Murray, T. F., Hostler, D. P., Crill, M. T., . . . Toma, K. (2000). Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem*, *48*(5), 623-629.

- Steffensen, C. H., Roepstorff, C., Madsen, M., & Kiens, B. (2002). Myocellular triacylglycerol breakdown in females but not in males during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(3), E634-E642.
- Stickland, M. K., Petersen, S. R., & Bouffard, M. (2003). Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can J Appl Physiol*, 28(2), 272-282.
- Street, G., McMillan, S., Board, W., Rasmussen, M., & Heneghan, J. M. (2001). Sources of Error in Determining Countermovement Jump Height with the Impulse Method. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 43-54.
- Tank, A. W., & Lee Wong, D. (2015). Peripheral and central effects of circulating catecholamines. *Compr Physiol*, 5(1), 1-15.
- Tarnopolsky, M. A. (2000). Gender differences in substrate metabolism during endurance exercise. *Can J Appl Physiol*, 25(4), 312-327.
- Tarnopolsky, M. A. (2008). Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. *Med Sci Sports Exerc*, 40(4), 648-654.
- Tarnopolsky, M. A., & Ruby, B. C. (2001). Sex differences in carbohydrate metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 4(6), 521-526.
- Taylor, J. L., Todd, G., & Gandevia, S. C. (2006). Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 33(4), 400-405.
- Teien, H. (2013). Historisk gjennomgang av studier utført av FFI på Krigsskolens stridskurs. FFI rapport. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt FFI.
- Tepe, V., Yarnell, A., Nindl, B., Van Arsdale, S., & Deuster, P. (2016). Women in Combat: Summary of Findings and a Way Ahead. *Military Medicine*, 181(1S), 109-118.
- Tharion, W. J., Lieberman, H. R., Montain, S. J., Young, A. J., Baker-Fulco, C. J., Delany, J. P., & Hoyt, R. W. (2005). Energy requirements of military personnel. *Appetite*, 44(1), 47-65.

- Thompson, B. C., Fadia, T., Pincivero, D. M., & Scheuermann, B. W. (2007). Forearm blood flow responses to fatiguing isometric contractions in women and men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 293(1), H805-812.
- Tod, A. D., Thatcher, A. R., McGuigan, A. M., & Thatcher, A. J. (2009). Effects of Instructional and Motivational Self-Talk on the Vertical Jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 196-202.
- Todd, G., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2003). Measurement of voluntary activation of fresh and fatigued human muscles using transcranial magnetic stimulation. *J Physiol*, 551(Pt 2), 661-671.
- Tojima, M., Noma, K., & Torii, S. (2016). Changes in serum creatine kinase, leg muscle tightness, and delayed onset muscle soreness after a full marathon race. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(6), 782-788.
- Vandewalle, H., Peres, G., & Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med*, 4(4), 268-289.
- Viitasalo, J. T., Kyröläinen, H., Bosco, C., & Alen, M. (1987). Effects of rapid weight reduction on force production and vertical jumping height. *Int J Sports Med*, 8(4), 281.
- Volgyi, E., Tylavsky, F. A., Lytikainen, A., Suominen, H., Alen, M., & Cheng, S. (2008). Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects of obesity, physical activity, and age. *Obesity (Silver Spring)*, 16(3), 700-705.
- Welle, S., Tawil, R., & Thornton, C. A. (2008). Sex-Related Differences in Gene Expression in Human Skeletal Muscle. *PLoS One*, 3(1), e1385.
- Welsh, T. T., Alemany, J. A., Montain, S. J., Frykman, P. N., Tuckow, A. P., Young, A. J., & Nindl, B. C. (2008). Effects of intensified military field training on jumping performance. *Int J Sports Med*, 29(1), 45-52.
- Wiik, A., Gustafsson, T., Esbjornsson, M., Johansson, O., Ekman, M., Sundberg, C. J., & Jansson, E. (2005). Expression of oestrogen receptor alpha and beta is higher in skeletal muscle of highly endurance-trained than of moderately active men. *Acta Physiol Scand*, 184(2), 105-112.

- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.
- Wood, R. (2008). Beep test VO2max calculator. Hentet 20. april 2018 fra <https://www.topendsports.com/testing/beepcalc.htm>
- Wust, R. C., Morse, C. I., de Haan, A., Jones, D. A., & Degens, H. (2008). Sex differences in contractile properties and fatigue resistance of human skeletal muscle. *Exp Physiol*, 93(7), 843-850.
- Zouhal, H., Jacob, C., Delamarche, P., & Gratas-Delamarche, A. (2008). Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Med*, 38(5), 401-423.
- Ørtenblad, N., Westerblad, H., & Nielsen, J. (2013). Muscle glycogen stores and fatigue. *The Journal of physiology*, 591(Pt 18), 4405-4413.
- Åstrand, P.-O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4. utg). Champaign, Ill: Human Kinetics.

Tabelloversikt

Tabell 2-1. Komponenter i muskler og sentralnervesystem som avgjør muskelstyrke og eksplosivitet 17

Tabell 3-1. Tabellen viser alder (år), høyde (cm), vekt (cm) og BMI, for begge kjønn. 31

Tabell 3-2. Antall og tilhørighet til underavdelinger. 31

Figuroversikt

Figur 3-1. Figuren viser antall deltakere i de ulike delene i prosjektet. Totalt ble det rekruttert 40 deltakere, hvorav 16 kvinner og 24 menn skrev under samtykkeerklæring og gjennomgikk opplæring og tilvenning til fysiske tester. 14 kvinner møtte til pretest, hvorav en droppet ut etter pretest, og tre gjennomførte ikke siste posttest. 19 menn møtte til pretest, en droppet ut etter pretest, og to gjennomførte ikke siste posttest..... 30

Figur 3-2. Figuren viser overordnet tidsprotokoll og design for hele forskningsprosjektet, inkludert masteroppgavedelen. ↓* = gjennomført rett etter tilbakekomst fra øvelsen. ↓# To deltakere gjennomførte tilvenning til fysiske tester på dette tidspunktet. Grå farge markerer hvilke tester som er inkludert i masteroppgaven. 31

Figur 3-3. Bildeserien viser utførelsen av svikhopp. Deltakeren starter i oppreist strak posisjon med hender plassert over hoftekam. Deretter sviktes det til ca. 90 grader i flektert kneledd, for deretter umiddelbart å satse maksimalt vertikalt. Hender er plassert på hoftekam under hele hoppet..... 33

Figur 3-4. EVAK-testen ble gjennomført modifisert etter Angeltveit et al. (2016) oppsett hvor en først løp en runde uten dukke, for deretter å trekke en dukke runde to. Dukken ble holdt i innsydd grep i nakke med en arm. Dukken ble dratt delvis bak delvis på siden av deltakeren. Samme grepet ble holdt gjennom hele runden. 34

Figur 3-5. Bip-testen ble gjennomført i en standard idrettshall fra langside til langside (20 meter). Inntil 10 deltakere startet samtidig. Bilder viser deltakere på vending ved BIP lydsignal. 35

Figur 3-6. Måling av kroppssammensetning med Inbody720. 36

Figur 3-7. Bildene viser ulike konfigurasjoner av stridsutrustning til tre av deltakerne. Bildet lengste til venstre viser en soldat som bar et tungt våpensystem utenpå en stor sekk. Soldaten på bildet i midten bar en mindre pakning, mens soldaten til høyre par stor pakning uten våpensystem. 37

Figur 4-1. Kroppssammensetning ved baseline. Søylene viser gjennomsnittsverdier med standardavvik for absolutt kroppsvekt, muskelmasse, fettmasse (kg) til venstre og prosentandel muskelmasse og fettmasse (%) til høyre, ved baseline (pre). Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. 41

Figur 4-2. Fysisk prestasjon ved baseline. Søylene viser gjennomsnittsverdi med standardavvik for bip-test nivå og predikert maksimalt oksygenopptak ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), EVAK-test tid (sek) og hopp høyde (cm) og maksimal effekt (W) i svikhopp test, ved baseline (pre). Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. (*) Signifikant forskjell mellom kjønnene ($p<0,01$). 42

Figur 4-3. Figuren viser korrelasjoner mellom absolutt fettmasse (kg) og bip-test nivå, og absolutt muskelmasse (kg) og EVAK tid (sek), hopp høyde i svikhopp (cm) og maksimal effekt (W). Grå sirkel viser kvinner, sort firkant viser menn. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert for hvert kjønn. (*) Korrelasjon er signifikant, $p<0,05$. (**) Korrelasjon er signifikant, $p<0,01$ 43

- Figur 4-4.** Figuren til venstre viser gjennomsnittlig total-, aktivitets- og basalenergiomsetning, og energiinntak i kcal pr døgn for hvert kjønn, med standardavvik. Figuren til høyre viser gjennomsnittlig total vekt i kg (kroppsvekt og stridsutrusting tilsammen) og vekt av stridsutrusting for hvert kjønn, med standardavvik. Venstre søyler (lysegrå) viser kvinner. Høyre søyler (sort) viser menn. (*) Signifikant forskjell mellom kjønnene, $p < 0,05$. (**) Signifikante forskjeller mellom kjønnene, $p < 0,001$ 44
- Figur 4-5.** Figuren viser gjennomsnittlig energiomsetning, energiinntak og størrelse på energibalanse (differansen mellom energiinntak og energiomsetning) pr døgn for hver deltaker. Figuren øverst (sirkler) viser kvinner, Figuren under (firkanter) viser menn. Stiplet linjer viser gjennomsnittlig energiinntak for gruppen samlet. Hel linje viser gjennomsnittlig energiomsetning for gruppen samlet..... 45
- Figur 4-6.** Figuren viser prosentvis gjennomsnittlige endringer av kroppssammensetning. Stiplet linje viser kvinner. Hel linje viser menn. Punkter per tidspunkt viser gjennomsnittlige prosentvise endringer fra baseline (pre) med standardavvik. A: Endring av kroppsmasse. B: Endring av muskelmasse. C: Endring av fettmasse. (*) Signifikante endringer fra baseline, $p < 0,05$. (**) Signifikante endringer fra post0, $p < 0,05$. (***) signifikant endring fra post24, $p < 0,05$ 47
- Figur 4-7.** Figuren viser prosentvis gjennomsnittlige endringer av fysisk prestasjon. Stiplet linje viser kvinner. Hel linje viser menn. Punkter per tidspunkt viser gjennomsnittlige prosentvise endringer fra baseline (pre) med standardavvik. A: Endring av bip-test nivå. B: Endring av EVAK tid. C: Endring av hopp høyde. D: Endring av maksimal effekt (*) Signifikante endringer fra baseline, $p < 0,05$ 48
- Figur 4-8.** Figuren viser korrelasjoner mellom fettmasse (kg) før øvelsen og endring av denne (kg) under øvelsen (pre-post0). Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn. (**) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,01$ 49
- Figur 4-9.** Figuren viser korrelasjoner mellom gjennomsnittlig energibalanse pr døgn (kcal) og absolutte endringer av kroppsmasse (kg) og hopp høyde (cm) under øvelsen. Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn, og samlet for begge kjønn i figuren til venstre. (*) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,05$ 50
- Figur 4-10.** Figuren viser korrelasjoner mellom prosentvise endringer av bip-test nivå (%) og absolutt endring av muskelmasse (kg) for hvert kjønn under øvelsen. Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert kjønn..... 50
- Figur 4-11.** Figuren viser korrelasjoner mellom prosentvise endringer av fysisk prestasjon og absolutt endring av fettmasse (kg) for hvert kjønn i løpet av restitusjonsperioden (post0-post72). Kvinner i grå sirkel, menn i sort firkant. Stiplet trendlinje, Persons korrelasjonskoeffisient r og R^2 verdier er oppgitt for hvert plott for hvert kjønn. (*) Korrelasjon er signifikant, $p < 0,05$ 51

Forkortelser

ATP	Adenosintrifosfat
CSA	Cross sectional area
DOMS	Delayed onset on muscle soreness
EVAK-test	Evakueringstest
HF	Hjertefrekvens
HF _{maks}	Maksimal hjertefrekvens
kcal	Kilokalorier
la ⁻	Laktat
MAOD	Maximal Accumulated Oxygen Deficit
MHC	Myosin heavy chain
MVC	Maksimal voluntær kraft
MV _{maks}	Maksimalt minuttvolum
NATO	North Atlantic Treaty Organization
PCr	Phosphocreatine
RER	Respiratory exchange rate
RM	Repetisjon maksimum
SR	Sarkoplasmatisk retikulum
SV	Slagvolum
VO _{2 maks}	Maksimalt oksygenopptak
2.Bn	2. Bataljon

Vedlegg

Vedlegg A: Samtykkeerklæring

• FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKTET

ER DET KJØNNSFORSKJELLER I RESTITUSJONEN AV FYSISK PRESTASJONSEVNE OG FYSIOLOGISKE MARKØRER ETTER EN KREVENDE MILITÆR FELTØVELSE?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt for å undersøke om det finnes kjønnsforskjeller i hvordan en fysisk krevende militær feltøvelse påvirker soldaters fysiologi og prestasjonsevne, og hvordan disse faktorene restituerer i dagene etter øvelsen.

Tidligere studier har vist at fysisk krevende feltøvelser fører til flere fysiologiske endringer, bl.a. vektnedgang, tap av muskelmasse, forbigående betennelser i muskulaturen, hormonelle forandringer og nedsatt fysiske prestasjonsevne. Av naturlige årsaker er det nesten utelukkende menn som har deltatt i disse studiene. Med økende kvinneandel i Forsvaret er det viktig å undersøke effekten av slike øvelser hos kvinner og om det finnes kjønnsforskjeller i responsen til slike øvelser. Videre er det lite litteratur om hvor lang tid man trenger for å komme seg etter slike krevende øvelser, dvs., hvor lang tid det tar før de fysiologiske endringene er normalisert.

Du blir forespurt om å delta siden du gjennom din tjeneste i 2. bataljon (2Bn) skal gjennomføre en fysisk krevende øvelse i uke 17. Forskningsprosjektet gjennomføres av Forsvarets forskningsinstitutt i samarbeid med Norges Idrettshøgskole og med bidrag fra US Army Research Institute of Environmental Medicine.

• HVA INNEBÆRER PROSJEKTET?

Til studien vil det rekrutteres 20 kvinner og 20 menn fra 2Bn ved Skjold militærleir. Deltagelse i studien vil innebære at du i forbindelse med feltøvelsen som 2Bn skal gjennomføre i uke 17 vil gjennomgå diverse tester. Før, rett etter, 24 timer etter og 72 timer etter feltøvelsen vil vi måle din kroppsvekt og kroppssammensetning og teste din eksplosive styrke (svikthopp på kraftplattform), anaerobe kapasitet (EVAC-test) og kondisjon (Beep-test). Svikthopp vil også gjennomføres 48 timer etter øvelsen. Testene vil ved hver anledning ta ca. 60 minutter per person. I tillegg vil det bli tatt blodprøver for måling av diverse biologiske parametere før, rett etter og 72 timer etter øvelsen. Spørreskjemaer for å kartlegge stemningsleie gjennomføres på ulike tidspunkt i løpet av perioden og kvinnelige deltakere vil i tillegg bli bedt om å besvare et kort spørreskjema om menstruasjonssyklus og p-pillebruk.

For å få en oversikt over hvor stort energiinntak du har hatt under øvelsen vil vi samle inn opplysninger om ditt matinntak. Under øvelsen vil du ha på deg et akselerometer. Denne veier bare 14 gram og registrerer all aktivitet under øvelsen slik at vi får et estimat på ditt energiforbruk. For å nøyaktig måle energiforbruket under øvelsen vil det gjennomføres en test av energiomsetning ved hjelp av en prosedyre som kalles dobbeltmerket vann. Dette vil innebære å drikke ca. en halv kopp med vann som inneholder 2 stabile isotoper før øvelsen starter og avgi urinprøver før og under øvelsen. Isotopene forekommer naturlig i kroppen og utgjør ingen risiko. Urinprøvene vil sendes aidentifisert (uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger om deg) til USA for analyse.

Selve feltøvelsen vil gjennomføres i regi av 2Bn og deltakelse i studien vil ikke påvirke gjennomføringen av selve øvelsen.

I prosjektet vil vi innhente og registrere opplysninger om deg. Dette vil være mål på fysisk prestasjonsevne gjennom testene av spenst, anaerob kapasitet og kondisjon. I tillegg vil blodprøver tatt av deg analyseres for hematologiske variabler, immunologiske variabler, hormoner og variabler knyttet til celledskade i muskulatur.

• MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Det er ingen direkte fordeler for deg som enkeltperson ved å delta i studien. Du vil få kartlagt din respons på en krevende militær øvelse som kan være nyttig hvis du senere skal gjennomføre lignende øvelser. I tillegg får du testet din prestasjonsevne i ulike tester og målt din kroppssammensetning. Deltakelse i studien medfører minimal risiko. Den krevende feltøvelsen skal uansett gjennomføres som en del din førstegangstjeneste. Melder du deg frivillig vil du likevel få et par ekstra oppgaver som dine medsoldater slipper, bl.a. å avgi blodprøver, spyttprøve, svare på spørreskjemaer og fysiske tester. Selve blodprøvetagningen kan medføre noe ubehag og de fysiske testene kan oppleves anstrengende.

• FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SITT SAMTYKKE

Det er fullstendig frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte Olav Vikmoen, 63807825, olav.vikmoen@ffi.no.

• HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenne opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte. Informasjon om deg vil bli anonymisert eller slettet senest fem år etter prosjektslutt.

- HVA SKJER MED PRØVER SOM BLIR TATT AV DEG?

Prøvene som tas av deg analyseres kort tid etter prøvetakning og destrueres senest 2 måneder etter prøvetakning

- FORSIKRING

Du er som ellers dekket av Forsvarets egne forsikringsordninger for vernepliktige soldater. For den delen som omfatter forskningsdeltakelsen er du også dekket av ordningen med Norsk pasientskadeerstatning.

- GODKJENNING

Prosjektet er godkjent av Regional komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (saksnr. hos REK: 2016/2230).

• SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

• JEG ER VILLIG TIL Å DELTA I PROSJEKTET

Sted og dato

Deltakers signatur

Deltakers navn med trykte bokstaver

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om prosjektet

Sted og dato

Signatur

Rolle i prosjektet