

Andreas Angeltveit

Anaerob kapasitetstesting i norske spesialstyrker

- Validiteten til en ny, jobbspesifikk anaerob kapasitetstest og behovet for anaerob kapasitetstesting i norske spesialstyrker

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2013

I : Sammendrag

Hensikt: Å vurdere en nyutviklet anaerob kapasitetstest (EVAK-test) sin validitet og reliabilitet som test, og dens relevanse for norske spesialstyrker i et samarbeidsprosjekt mellom Norges idrettshøgskole og Marinejegerkommandoen. Samt å se om ulike fysiologiske variabler kunne forklare prestasjonen i EVAK-testen. **Metode:** Oppgaven ble delt inn i to deler: Del I tok for seg testens validitet og Del II så på sammenhengen mellom fysiologiske variabler og EVAK-testen. I Del I ble 19 aktive menn rekruttert. De utførte EVAK-testen tre ganger, en 30 sekunders Wingate-sykkeltest, 300m løp og oksygenunderskuddstest (MAOD). Én test ble utført per dag med minst 48 timers mellomrom i løpet av to uker. I Del II ble operatører fra Marinejegerkommandoen (SOF-operatører) brukt. SOF-operatørene ble testet tre ganger (pre-, mid-, post-test) i ulike fysiske tester med 24 uker individuelt rettede treningprogram mellom testene. Et spørreskjema til SOF-operatørene og SOFs fysiske arbeidskrav vurderte EVAK-testens logiske validitet.

Resultater: EVAK-testen var reliabel etter ett tilvenningsforsøk ($ICC=0.89$, $CV=3.7\%$, $95\% \text{ LoA}=0.8 \pm 2.5 \text{ sek}$). Korrelasjonsanalyser (Pearson's r) viste en moderat til god sammenheng mellom EVAK-testen og Wingate-testen, 300m løp og MAOD ($r= -0.55$ til -0.85). 81% av variansen i EVAK-testen ble forklart av gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen ($\beta=-0.75$) og tid på 300 m løp ($\beta=0.32$). Spørreskjema viste at 81 % av SOF-operatørene mente at EVAK-testen «i stor grad» eller «svært stor grad» var relevant som arbeidsform og spesifikk testsituasjon. I Del II ble det funnet gode sammenhenger med mange fysiske basisressurser og antropometriste mål ($r= 0.4 - 0.82$). Muskelmasse, høyde og VO_{2maks} er viktige variabler for å forklare prestasjonen i EVAK-testen. Vekt og VO_{2maks} forklarte 72 % av variansen i EVAK-testen (henholdsvis β -verdi $=-0.6$ og -0.31). **Konklusjon:** EVAK-testen er reproducerbar og valid som anaerob kapasitetstest. Testen er relevant for SOF i forhold til operatørenes egen oppfatning og fysiske arbeidskrav. EVAK-testen kan være med på å gi informasjon om hva som kreves for å prestere når et stort arbeid må utføres i løpet av kort tid med ulik ytre belastning. Dette kan bidra positivt i utviklingen av retningslinjer i forhold til fysisk trening som er rettet mot spesialstyrkers fysiske arbeidskrav.

Nøkkelord: spesialstyrker, fysiske arbeidskrav, anaerob kapasitet, validitet, reliabilitet

II: Forord

Dette året har vært langt, men likevel sitter jeg igjen med et produkt jeg er veldig fornøyd med. Jeg har underveis følt at det har blitt for mange timer på kontoret, men nå synes jeg at det var definitivt verdt alle sammen!

Det er mange personer som har vært involvert i oppgaven, og som har vært med på å forme den til det du nå skal lese.

Takk til deltagerne i oppgaven som frivillig presset seg selv maksimalt alle testdagene!

En stor takk rettes til Paul Andre Solberg, Ole og Marinejegerkommandoen som har latt meg få lov til å være med på dette spennende prosjektet, og som ikke minst har vært tilgjengelig til det som har dukket opp. Jeg er spesielt glad for den innsatsen som ble lagt ned to dager før innleveringsfristen for å få godkjenningene jeg trengte for å levere oppgaven.

Jeg la lista veldig høyt for året på det første møtet med veilederne mine, Truls Raastad og Gøran Paulsen, og sa klart ifra hva jeg forventet av de. Takk for alle tilbakemeldingene, at dere har lest oppgaven gang på gang og at dere alltid har vært tilgjengelig for konstruktive diskusjoner. Dere innfridde forventningene så det holdt!

Håvard Hamarsland må gis en takk for alle de gode faglige og ikke-faglige diskusjonene, svar på det jeg lurte på om Excel og som fast reisekompis når vi har vært rundt omkring og testet!

Takk til Magnus Midttun og Fredrik Freuchen som jeg har delt kontor med. Dere har alltid noen lure kommentarer på lager og gode historier som har gjort at de lange dagene har blitt noe kortere. Bent Linstad, takk for at du alltid har vært med på kaffepausene. Medlemmene i Kaffeklubben: Even Granerud, Eirik Nossun, Christian Helland og Kristoffer Bergstrøm, må også takkes for at dere fikk meg til å møte opp 08.15 omtrent hver eneste morgen!

Jeg vil også takke alle medstudenter på Idrettshøgskolen, og ansatte ved Seksjon for Fysisk Prestasjonsevne for å ha gjort de fire årene jeg har gått her til en fantastisk opplevelse.

Takk for meg!

III: Forkortelser

95 % CI	95 % konfidensintervall
95 % LoA	95 % Limits of Agreement
CMJ	Countermovement-jump; svikthopp
CV	Coefficient of Variation; Variasjonskoeffisient
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
MAOD	Maximal Accumulated Oxygen Deficit; Maksimalt oksygenunderskudd
SOF	Special Operations Forces
T1,2,3,4,5 eller 6	Testdag 1,2,3,4,5 eller 6

IV: Innholdsfortegnelse

I : Sammendrag	3
II: Forord.....	5
III: Forkortelser	6
IV: Innholdsfortegnelse	7
1 Introduksjon	9
2 Teori.....	12
2.1 Spesialstyrker og spesialoperasjoner – en introduksjon	12
2.2 Spesialstyrkers oppdrag	13
2.3 Aspekter ved spesialoperasjoner som er viktige for de fysiske egenskapene som behøves.....	14
2.4 Fysiske arbeidskrav for spesialstyrker	15
2.5 Oppsummering – fysiske arbeidskrav for spesialstyrker	23
2.6 Spesialstyrker, spesialoperasjoner og de fysiologiske energisystemene.....	23
2.7 Energiomsetning ved muskelkontraksjoner.....	25
2.8 Anaerob kapasitet og anaerob arbeidskapasitet	34
2.9 Testing av anaerob kapasitet.....	36
2.10 Faktorer som har en innvirkning på anaerob kapasitet	40
2.11 Validitetstesting	42
2.12 Reliabilitetstesting.....	43
2.13 Oppsummering	45
3 Metode	47
3.1 Prosjektet.....	47
3.2 Del I: Validitets- og reliabilitetstesting av EVAK-testen	47
3.3 Del II: (I) Hvilke fysiologiske delkapasiteter kan være med å forklare variansen i prestasjon i EVAK-testen i et utvalg Norske SOF-operatører?	58
4 Resultater.....	66
4.1 Del I.....	66
4.2 Del II	73
5 Diskusjon	77
5.1 Del I – EVAK-testens reliabilitet	77
5.2 Del I: EVAK-testens validitet.....	83
5.3 Oppsummering Del I: EVAK-testens reliabilitet og validitet.....	88
5.4 Del II – Hvilke basisressurser er viktige for prestasjonen i EVAK-testen	91
5.5 Oppsummering Del II: Sammenhengen mellom fysiske basisressurser og antropometriske data med EVAK-testen	95
6 Konklusjon – Del I og Del II.....	96

V: Referanser.....	97
VI: Tabelloversikt	108
VII: Figuroversikt.....	110
VIII: Vedlegg.....	112
Vedlegg 1: Informasjonsskriv.....	112
Vedlegg 2: Borgs' skala.....	118
Vedlegg 3: Korrelasjonsanalyser	119
Vedlegg 4: Viktig informasjon dersom andre avdelinger tar i bruk EVAK-testen for å få sammenlignbare resultater	122

1 Introduksjon

Norske spesialstyrker (SOF; Special Operations Forces) har et spesielt krevende yrke. Deres arbeidshverdag kan medføre ekstreme utfordringer for mange ulike fysiske og psykiske kapasiteter avhengig på hva slags type oppdrag de kan bli sendt ut på. I denne oppgaven er fokuset på de fysiske kapasitetene.

Oppdrag og operasjoner som spesialstyrker sendes ut på kan være komplekse og bestå av mange ulike typer fysisk arbeid. TC-3-22.20¹ (2010, s.1-1) beskriver utfordringene til soldater på slagmarken slik:

”Full spectrum operations place a premium on the Soldier’s strength, stamina, agility, resiliency and coordination. Victory—and even the Soldier’s life—so often depend upon these factors. To march long distances in fighting load through rugged country and to fight effectively upon arriving at the area of combat; to drive fast-moving tanks and motor vehicles over rough terrain; to assault and run and crawl for long distances; to jump in and out of craters, and trenches, and over obstacles; to lift and carry heavy objects; to keep going for many hours without sleep or rest—all these activities of warfare and many others require superb physical conditioning.”

Per dags dato og historisk sett har militær fysisk trening fokusert på aerob utholdenhet, blant annet på grunn av at det er enkelt å implementere denne treningen på et stort antall mennesker. I tillegg er årlige fysiske tester ofte av aerob karakter og treningen rettes ofte mot disse spesifikke testene. Dette har i mange tilfeller gått på bekostning av trening mot de reelle fysiske arbeidskravene i militære operasjoner og oppdrag. På den moderne slagmarken ser det ut til at blant annet anaerob kapasitet og styrke er viktige fysiologiske arbeidskrav (Kraemer et al., 2012). Forsvarets krav til fysisk kapasitet for deres personell, deriblant spesialstyrkene, er 3000 m løp. Viktigheten av andre fysiologiske arbeidskrav blir derfor ikke tatt i betraktning i denne årlige testen.

¹ Den Amerikanske Hærens Doktrine for Fysisk trening

Såvidt meg bekjent finnes det ingen definert arbeidskravsanalyse for norske spesialstyrker. Kompleksiteten i oppdrag og operasjoner gjør dette vanskelig. Likevel, dersom en ser på operasjonstypene de utfører, utstyr de må bære med seg, og en reflekterer rundt hva som kan komme til å skje, kan en åpenbart se at både aerobe og anaerobe egenskaper er viktige.

I 2012 ble det implementert et prosjekt for fysisk trening, kosthold og kartlegging av skader i en av de norske spesialstyrkene. I testbatteriet som skulle kartlegge SOF-operatørens fysiske kapasiteter ble det utviklet en «jobb-spesifikk» anaerob kapasitetstest (EVAK-testen).

Hovedhensikten med denne oppgaven er å teste ut denne nyutviklede anaerobe kapasitetstesten. For å gjøre dette ble oppgaven delt opp i to deler. Hensikten med Del I av denne oppgaven var å teste om den nye anaerob kapasitetstesten var valid som en anaerob kapasitetstest i henhold til concurrent-validity-begrepet, og om EVAK-testen var logisk valid for norske spesialstyrker. I Del I ble også prestasjonen i EVAK-testen og sammenhengen med ulike fysiologiske variabler vurdert. Dette førte til følgende hypoteser:

1. EVAK-testen er en reliabel test
2. EVAK-testen er en valid anaerob kapasitetstest sammenlignet med andre aktuelle anaerob kapasitetstester («concurrent validity»)
3. EVAK-testen er en logisk valid test for spesialstyrker i forhold til fysiologiske arbeidskrav og deres egen oppfatning av testen.

For å forsøke å svare på hypotese 1, ble det valgt et test-retest design der forsøkspersonene gjennomførte EVAK-testen tre ganger. Forsøkspersonene gjennomførte også en 30 sekunders Wingate-test på sykkel, 300 m løp og en maksimal oksygenunderskuddstest. Prestasjonen i disse testene ble sammenlignet med EVAK-testen for å teste hypotese 2. Hypotese 3 ble testet ved å la SOF-operatørene selv bedømme testen i forhold til arbeidsform og spesifikk testsituasjon, og ved å vurdere fysiologiske arbeidskrav til spesialstyrker ut ifra aktuell litteratur. Stort hemmelighold i spesialstyrker på et generelt nivå gjør at det ikke finnes omfattende litteratur på dette området. Dermed vil det trolig være vanskelig å svare konkret på denne hypotesen. Det vil derfor styrke oppgaven at SOF-operatørene selv kan bedømme testen.

I Del II av studien var hensikten å finne ut av hvilke fysiske basisressurser (f.eks. styrke, aerob kapasitet, muskelmasse) som kunne forklare prestasjonen i EVAK-testen, og dermed også forklare prestasjon i eventuelle kritiske situasjoner der SOF-operatørene er avhengig av å utføre et stort arbeid i løpet av kort tid. Dette for å kunne si noe om treningen som burde utføres dersom evnen til å prestere i slike kritiske situasjoner skal kunne bedres.

I Del II ble derfor tverrsnittsdata av ulike fysiske basisressurser sett i sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen fra to ulike test-tidspunkter fra to utvalg. Endringsdata på disse fysiske basisressursene ble også sett på fra et annet utvalg.

2 Teori

I dette kapittelet vil jeg kort redegjøre for Forsvarets spesialstyrker (SOF; Special Operations Forces) og såkalte spesialoperasjoner. Jeg vil også gi et innblikk i de fysiologiske arbeidskravene som stilles til SOF-operatørene. I spesialoperasjoner er det alltid en risiko for at operasjonene mislykkes, og for den enkelte soldat er den verste konsekvensen tap av liv. Derfor vil jeg også si noe om årsaker til dødsfall i spesialoperasjoner, og om operatørers fysiske kapasitet kan være en risikofaktor i dette.

2.1 Spesialstyrker og spesialoperasjoner – en introduksjon

NATO definerer spesialoperasjoner slik:

- "Military activities conducted by specially designated, organized, trained and equipped forces using operational techniques and modes of employment not standard to conventional forces. These activities are conducted across the full range of military operations independently or in coordination with operations of conventional forces to achieve political, military, psychological and economic objectives. Politico-military considerations may require clandestine, covert or discreet techniques and the acceptance of a degree of physical and political risk not associated with conventional operations." (NATO: Allied Joint Doctrine for Special Operations, AJP-3.5, 2009, s.5)

Det finnes mange definisjoner på spesialstyrker og spesialoperasjoner (Robertsen, 2007; Hammersmark, 2010). Det mange av definisjonene og omtalene ofte har til felles er at spesialoperasjoner begås i småskala, det brukes uortodokse metoder, oppdragene er ofte av høy-risiko karakter og utvalgte mål er ofte viktig strategisk eller operasjonelt. Personellet i spesialstyrkene innehar personlige egenskaper (f.eks. kreativitet, motivasjon, fleksibilitet, evne til å prestere under krevende betingelser) og militære ferdigheter og metoder som gjør det mulig å utføre slike oppdrag (Hammersmark, 2010). SOF-operatører er generalister som har et høyt ferdighetsnivå på mange områder; de er nødvendigvis ikke spesialisert i enkelte oppgaver.

2.2 Spesialstyrkers oppdrag

Spesialstyrker kan ta på seg et bredt spekter av oppdrag. Owen (2012) viser hvor krevende og uforutsigbare disse kan være. Denne hendelsen fant sted i Afghanistan i 2009, omtrent 2400 moh. i de afghanske fjellene:

”... eight fighters who ran out of the target compound when we arrived. Our team tore off after them as soon as the helicopters ramp hit the ground. ... The fighters were headed for a ridgeline three hundred meters north of the compound. We were trying to cut them off as the rest of the troop took down the compound. ... Seeing the rest of the team moving into position, I snapped back around and shouldered my rifle. The enemy fighters were setting up a fighting position roughly one hundred and fifty meters away. I could barely keep my rifle steady after the five hundred meter run in all of my gear, but I managed to lock on to the fighter with a PKM machine gun. Squeezing off multiple rounds, I watched him fall. By then my teammates arrived and opened fire, dropping two more fighters before the rest disappeared over the ridgeline and out of sight. ... “We have five hotspots moving to the north toward several compounds”, I heard the drone pilot say on the radio. I could see the laser from the drone moving down the backside of the hill. Phil gave the team a nod, and we were off on another dead sprint to close the distance” (Owen, 2012, s. 99).

Operasjonen fortsetter med innhenting av fienden og flere skuddvekslinger før operatørene blir trukket ut med helikopter. I et annet eksempel på et uforutsigbar og fysisk krevende oppdrag ble SOF-operatørene satt inn med helikopter på et hustak i Irak der de skulle sprengte seg inn døren på taket og klarere etasjene nedover i bygningen. Et annet lag skulle gjøre det samme, men fra første etasje og klarere oppover. Laget med SOF-operatørene på taket fant plutselig ut at de hadde blitt satt ned på feil hustak. De egentlig skulle inn i nabobygningen. Dette førte til at de hurtig måtte forflytte seg til en posisjon der de kunne hjelpe det andre laget. Den beste muligheten var en annen bygning som var tre etasjer høy i forhold til den to etasjes høye bygningen det andre laget var i ferd med å klarere. Dermed måtte de fort ned på gateplan, løpe til bygningen på tre etasjer, klarere den og komme seg i stilling på taket for å støtte det andre laget (Owen, 2012).

Som en del av Operation Enduring Freedom i Afghanistan utførte norske spesialstyrker en rekke rekognoseringsoppdrag i 2002. De ble løftet inn og ut av områder de skulle operere i om natten av helikoptre. Slike rekognoseringsoppdrag kunne vare i flere dager og spesialstyrkene var selvforsynt. Hvilket betydde at de blant annet måtte bære med seg den mengden mat og vann de trengte for et oppdrag, samt annet utstyr som skulle brukes. Eksempelvis veide utstyret til en SOF-operatører (stridsutrustning og pakning) litt over 100 kg under en operasjon. Dette var ikke uvanlig og utstyret måtte han gå med fra punktet laget ble satt inn med helikopter til stedet der den planlagte observasjonsposten var. Marsjen var 1,5 km med 600 m stigning og observasjonsposten lå på 3500 m over havet (Melien, 2012).

2.3 Aspekter ved spesialoperasjoner som er viktige for de fysiske egenskapene som behøves

Det er vanskelig å gi et godt og ukomplekst bilde på hva som gjøres i spesialoperasjoner fordi spesialstyrker har et så stort spekter av operasjoner som kan utføres (NATO: AJP-3.5, 2009). De ulike operasjonstypene beskriver generelt hva som gjøres direkte på og/eller mot et mål og disse målene kan være i mange, vidt forskjellige miljøer. Enten det er i fjellene og dalene i Afghanistan, på en oljeplattform utenfor norskekysten, eller i urbane miljø som byer i for eksempel Irak. Dette skaper problemstillinger i forhold til utførelsen av operasjonen; skal spesialstyrkene settes inn på målet med helikopter? Skal de settes inn 3 eller 15 km fra målet og ta seg inn til fots? Hvordan er veien inn til målet herfra? Hvordan er trusselbildet langs denne veien? Hva slags utstyr skal være med? Hva er tidsrammen for å nå målet? Skal spesialstyrkene trekkes ut med en gang direkte på målet? Disse vurderingene fører igjen til at det at behovet for ulike fysiske kapasiteter kan variere mye.

Utrustningen som operatørene har med seg i en operasjon kan også variere fra kun stridsutrustning som veier rundt 27 kg (Owen, 2012), til stridsutrustningen og pakning i tillegg, som kan føre til at totalvekten på alt utstyret kan bli over 100 kg (Melien, 2012). Det er derfor mange vurderinger som vil påvirke hva slags fysiske egenskaper som er viktige for hvert enkelt oppdrag, og dermed også viktig for SOF-operatørene. Innsettings- og uttrekningsmetodene kan i tillegg skje både på land, under eller på vann og fra luften (Knipscher, 2010).

Dersom SOF-operatørene settes inn med helikopter må de ofte skli ned et tau i full stridsutsustning: her er det viktig at SOF-operatørene har styrke nok til å ikke falle fra tauet. Når de settes inn med fallskjerm er det viktig å kunne stå imot landingen. Ofte har SOF-operatørene tung pakning i tillegg til stridsutrustningen ved innsetting med fallskjerm, noe som fører til at belastningen på strekkapparatet i beina blir enda større. Når SOF-operatører skal borde skip må de klatre opp i en liten stige på siden av skipet. Dersom SOF-operatørene ikke har styrke nok til å klatre raskt opp her kan det ha fatale følger. I tillegg kan SOF-operatører aldri vite hva som skjer under en operasjon. De kan planlegge for hvordan operasjonen skal utføres og mange eventualiteter, men aldri vite. Uansett hvordan operasjonene kategoriseres eller planlegges, finnes det et uendelig antall scenarioer som kan utspille seg. Eksemplene beskrevet tidligere viser hvor uforutsigbare spesialoperasjoner kan være. Derfor er det vanskelig å gi en endelig fysisk arbeidskravsanalyse for spesialstyrker og spesialoperasjoner. Det finnes imidlertid en del fysiske oppgaver som kan forventes å være viktige.

2.4 Fysiske arbeidskrav for spesialstyrker

Så vidt meg bekjent er det ikke publisert noe om hva slags fysiske arbeidskrav det stilles for norske spesialstyrker. Det er også begrenset med publiserte artikler om dette internasjonalt. Opptakskravene til de ulike spesialstyrkene, og at de har en fysisk tøff seleksjonsperiode er kjent, men hemmelighold i og rundt spesialstyrker er veldig utbredt. Hemmeligholdet er viktig med tanke på at informasjon om hvilke kapasiteter norske spesialstyrker besitter ikke skal komme i feil hender. Dette er trolig noe av grunnen til at det ikke finnes mye litteratur rundt dette, og det gjør det vanskelig å definere konkret de fysiske arbeidskravene for spesialstyrker. Derfor vil noe av litteraturen som det refereres til være på konvensjonelle soldater, men med hovedfokus på arbeidsoppgaver og arbeidskrav som kan tenkes å være viktige også for operatører med tanke på hva slags operasjoner de utfører. Det er også gjort en del studier på yrker som fysiologisk sett kan sammenlignes med operatøryrket, blant annet på brannmenn. På grunn av dette vil jeg også bruke litteratur som omhandler brannmannsyirket.

Tabell 2.1 viser ulike "warrior tasks" og "battle drills" som må utføres i stridskontakt og eksempler på hva slags ulike bevegelsesmønstre en soldat kan måtte komme til å gjøre for å utføre disse. Tabell 2.2 viser hvilke fysiske egenskaper en trenger for å utføre disse ulike bevegelsesmønstrene. Tabellene er hentet fra den amerikanske hærens doktrine for fysisk trening (Army Physical Readiness Training; TC 3-22.20, 2010) og gjelder konvensjonelle styrker, så vel som spesialstyrker. Som tidligere nevnt og eksemplifisert er det umulig å vite helt sikkert hva som vil skje under en operasjon, spesielt under stridskontakt med fienden. Derfor er det så mange bevegelsesmønstre og fysiske egenskaper som kan innlemmes under de ulike kategoriene som det vises i tabellene. Selv om ingen av de fysiske egenskapene er tallfestet med et krav viser tabellene at styrke-, utholdenhets- og mobilitetsegenskaper er viktige i militære operasjoner. Som eksemplene gitt tidligere gir også TC 3-22.20 (Army Physical Fitness School, 2010, s. 1-1) et helhetlig men komplekst bilde av hva soldater kan møte i operasjoner og sammenhengen med fysisk skikkethet: "Full spectrum operations place a premium on the Soldier's strength, stamina, agility, resiliency and coordination. Victory—and even the Soldier's life—so often depend upon these factors. To march long distances in fighting load through rugged country and to fight effectively upon arriving at the area of combat; to drive fast-moving tanks and motor vehicles over rough terrain; to assault and run and crawl for long distances; to jump in and out of craters, and trenches, and over obstacles; to lift and carry heavy objects; to keep going for many hours without sleep or rest—all these activities of warfare and many others require superb physical conditioning."

Tabell 2.1: "Warrior tasks" og "Battle drills" og tilhørende mulige bevegelsesmønstre som må utføres for å gjennomføre de ulike oppgavene (TC 3.22-20, 2010).

Shoot	Physical Requirements
Employ hand grenades	Run under load, jump, bound, high/low crawl, climb, push, pull, squat, lunge, roll, stop, start, change direction, get up/down and throw.
Move	Physical Requirements
Perform individual movement techniques	March/run under load, jump, bound, high/low crawl, climb, push, pull, squat, lunge, roll, stop, start, change direction and get up/down.
Navigate from one point to another	March/run under load, jump, bound, high/low crawl, climb, push, pull, squat, lunge, roll, stop, start, change direction and get up/down.
Move under fire	Run fast under load, jump, bound, crawl, push, pull, squat, roll, stop, start, change direction and get up/down.
Survive	Physical Requirements
Perform Combatives	React to man-to-man contact: push, pull, run, roll, throw, land, manipulate body weight, squat, lunge, rotate, bend, block, strike, kick, stop, start, change direction and get up/down.
Adapt	Physical Requirements
Assess and Respond to Threats (Escalation of Force)	React to man-to-man contact: push, pull, run, roll, throw, land, manipulate body weight, squat, lunge, rotate, bend, block, strike, kick, stop, start, change direction and get up/down. Run under load, jump, bound, high/low crawl, climb, push, pull, squat, lunge, roll, stop, start, change direction, get up/down and throw.
Battle Drills	Physical Requirements
React to contact	Run fast under load, jump, bound, crawl, push, pull, squat, roll, stop, start, change direction and get up/down.
Evacuate a casualty	Squat, lunge, flex/extend/rotate trunk, walk/run, lift and carry.

Tabell 2.2: Oversikt over fysiske arbeidskrav som kan stilles til de ulike bevegelsesmønstrene som er oppført i Tabell 2.1 (TC 3-22.20, 2010)

PRT Components	Warrior Tasks						Battle Drills	
	Employ hand grenades	Perform individual movement techniques	Navigate from one point to another	Move under fire	Perform Combatives	Assess and Respond to Threats (Escalation of Force)	React to contact	Evacuate a casualty
Strength								
Muscular Strength	X	X	X	X	X	X	X	X
Muscular Endurance	X	X	X	X	X	X		X
Endurance								
Anaerobic Endurance	X	X	X	X	X	X	X	X
Aerobic Endurance	X	X	X			X		X
Mobility								
Agility	X	X	X	X	X	X	X	X
Balance	X	X	X	X	X	X	X	X
Coordination	X	X		X	X	X	X	X
Flexibility	X	X	X	X	X	X	X	X
Posture	X	X	X	X	X	X	X	X
Stability	X	X	X	X	X	X	X	X
Speed	X	X	X	X	X	X	X	X
Power	X	X	X	X	X	X	X	X

Selv om strid er veldig komplekst når det kommer til fysiske arbeidskrav er det likevel noen som har prøvd å beskrive og vektlegge disse. Pemrick (1999) utførte en studie der han identifiserte og beskrev de ulike oppdragstypene til 75th Ranger Regiment². Han analyserte hvordan ulike faser av oppdragene mest sannsynlig ville blitt utført, hva den individuelle soldat måtte gjøre, viktigheten av det som ble utført individuelt for oppdragsløsningen, og i hvor

Tabell 2.3: Oversikt over åtte fysisk krevende oppgaver som ofte blir utført i oppdragene til 75th Ranger Regiment (Pemrick, 1999)

<u>Event no.</u>	<u>Physical event (abbreviation)</u>
1.	Move dismounted while carrying an approach march load (ruck)
2.	Run from parachute landing point to assembly area (run)
3.	Parachute jump and landing fall (PLF)
4.	High/low crawl (crawl)
5.	3-5 second rush (rush)
6.	Casualty Carry (CX carry)
7.	Sprint between buildings with combat load (sprint)
8.	Climb while wearing combat equipment (climb)

stor grad de fysiske kapasitetene muskelstyrke, anaerob kapasitet, aerob kapasitet, fart, koordinasjon og fleksibilitet var involvert. Pemrick (1999) kom frem til åtte fysisk krevende oppgaver som opptil flere ganger blir utført i kamphandlinger og i oppdragene til 75th Ranger Regiment. Oppgavene kan sees i Tabell 2.3. Selv om en ikke planlegger med sårede og redning av disse, er dette alltid en mulighet. Av denne grunn og i tillegg til at dette er fysisk krevende, ble redning av en såret person inkludert i oppgavene. Etter subjektivt å ha vurdert hvilke fysiske kapasiteter som er involvert i de ulike oppgavene i Tabell 2.3, og i hvor stor grad på en skala fra 0 – 2 de behøvdes, kom Pemrick (1999) frem til følgende fordeling i deres viktighet for utførelsen av et oppdrag: Muskelstyrke 24 %, anaerob kapasitet 24 %, aerob kapasitet 20 %, fleksibilitet 14 %, koordinasjon 11 % og fart 6 %. Han sammenlignet også dette med de fysiske testene som blir brukt i det amerikanske forsvaret. Resultatene viste at det var en liten sammenheng mellom testede fysiske egenskaper og fysiske egenskaper krevd i strid.

² 75th Ranger Regiment er en av de amerikanske infanteri spesialstyrkene (Army Command and General Staff College, 2000)

I en annen studie på kanadiske soldater utviklet en gruppe eksperter en "Urban Operations Field Simulation" som simulerte strid og taktisk uttrekning av en såret soldat fra en tre etasjer høy bygning. Dette var også et forsøk på å belyse hva slags fysiske arbeidskrav urban krigføring kan stille til soldater. Hele simuleringen var 249 m lang og inkluderte 79 m bæring av bære og 25 m trekking av en "såret". Simuleringen varte i gjennomsnitt 5 min og 15 sekunder. Deltagerne bar stridutrustning (24.5 kg) og målte oksygenopptak og hjertefrekvens under utførelsen. Gjennomsnittlig oksygenopptak, RER-verdi og hjertefrekvens ble målt til henholdsvis 26 ml/kg/min, 0.95 og 173 slag/min. I tillegg var RER-verdiene >1.0 flere ganger. Ut ifra disse verdiene kan vi anta at den anaerobe energiomsetningen er en viktig bidragsyter under gjennomføringen (Reilly et al., 2011). Styrke i overkropp og strekkapparatet i beina kan også tenkes å være viktige på grunn av stridsutrustningen, dukketrekkingen og bæreberingen.

På australske infanterister ble det utført en studie der de målte hastighet og hjertefrekvens under simulert «ild og bevegelse»: en patrulje manøvrerte seg inn på et mål ved at halve patruljen spurtet mens den andre halvparten gav dekningsild (skudd mot målet). Når soldatene som først spurtet hadde lagt seg ned og gav dekningsild, spurtet den andre halvparten. De utførte dette over 100 og 150 m, og i ulikt terreng. En gjennomsnittlig spurt var 7 m lang, og varte i 4 sekunder. Pausene mellom spurtene var gjennomsnittlig 18 sekunder. Denne simuleringen ble utført med stridsutrustning på 25.3 kg og gjennomsnittlig hjertefrekvens var på 165 slag/min. De ulike gjennomføringene varte mellom 4 min og 35 sekunder, og 8 minutter og 40 sekunder. Slike korte repeterte spurter med en betydelig ekstra belastning er veldig avhengig av den anaerobe energiomsetningen (Silk et al., 2011). Den aerobe energiomsetningen spiller også en stor rolle fordi den er med på å restituere muskulaturen i pausene (Reilly, 1996) og bidrar derfor til den totale energiomsetningen.

I denne delen av teorikapittelet har jeg i stor grad beskrevet hvilke fysiske egenskaper det er behov for i oppdragsløsning i stridskontakt med en fiende og/eller taktisk oppdragsløsning med en reell trussel, på målet. Disse situasjonene kan sammenlignes med brannmenn når de er på målet og slukker en brann. Brannmenn jobber i truende, kaotiske og uforutsette situasjoner (Smith, 2011), likeledes SOF-operatører i en stridssituasjon. De opererer også med tungt verktøy, må forflytte seg inne i bygninger og hus, og traversere hindre som dukker opp. Deres personlige utrustning og bekledning fører også til en ekstra belastning på grunn av vekten (Smith, 2011).

Tabell 2.4: Oversikt over ulike militærspesifikke tester og brannmannstester

Test	Varighet	Lengde (m)	Ytre belastning (kg)	Fysiologiske variabler målt under test	Referanse
Simulert strid med evakuering av «såret»	5 min 15 sek	249	Stridsutrustning (24,5 kg)	RER: 0,95, VO2: 26 ml/kg/min, HF: 173 slag/min	Reilly et al. 2011
Ild og bevegelse (repetert sprint med liggende start)	4 min 35 sek - 8 min 40 sek	100/150 m i ulikt terreng, gjennomsnittlig sprint: 7 m	Stridsutrustning (25,3 kg)	HF: 165 slag/min	Silk et al. 2011
Brannmannstest (CPAT): 8 brannmannsoppgaver (bl. annet: trappegang, slangetrekking, dukketrekking, tvunget entring av dør)	9 min 54 sek	Alle 8 oppgaver er separert med 26 m, oppgavene varierer i lengde. Mer detaljert beskrivelse i referanse	Brannmannsutstyr (22,7 kg)		Sheaff et al. 2010
Brannmannsoppgaver: trekking av slange, trekking av "såret", manøvrere seg opp trapper, heising av 16 kg utstyr opp 30m	2 min 40 sek totalt (tester utført med 10 min mellomrom)	-	Brannmannsutstyr (ca 25 kg)		Rhea et al. 2004

Candidate Physical Ability Test (CPAT) er en test som simulerer ulike brannmannsoppgaver (Sheaff et al., 2010). Den brukes til å vurdere brannmannkandidaters fysiske form. CPAT består av åtte ulike brannmannoppgaver og er utviklet av et ekspertpanel som observerte rundt 100 brannmenn i aksjon i ti forskjellige områder. Alle øvelsene i CPAT kan sammenlignes med hva en SOF-operatører kan møte i en operasjon: Den blir utført med 22.7 kg ekstra vekt og øvelsene er blant annet tvunget entring gjennom dør, krabbe gjennom tunneler, trekke en dukke som veier 61,2 kg "til sikkerhet" og bæring av tungt utstyr. Sheaff et al. (2010) rekrutterte 33 brannmenn og gjennomførte en studie der de sammenlignet prestasjonen i CPAT og ulike fysiologiske variabler. Blant annet maksimalt oksygenopptak (l/min) og gjennomsnittlig effekt (W) i en 30-sekunders Wingate sykkeltest. Prestasjonen i CPAT korrelerte godt med absolutt maksimalt oksygenopptak og gjennomsnittlig effekt over 30 sekunder; henholdsvis $r=-0.60$ og $r=-0.66$.

400 m løp (s) har også vist en god sammenheng med total prestasjon (s) i fire forskjellige brannmannsoppgaver ($r=0.79$) og i de forskjellige oppgavene hver for seg ($r=0.59 - 0.81$; Rhea et al., 2004). Brannmannsoppgavene valgt i denne studien var trekking av slange som kan sammenlignes med bæring av tungt utstyr for SOF-operatører, trekking av en såret som direkte lar seg sammenligne med en SOF-operatørs virkelighet, manøvrere seg opp trapper og heise 16 kg utstyr opp 30 meter. Testene ble utført med 10 minutters mellomrom. Trekking av dukke viste seg å korrelere best ($r=0.81$) med 400 m løp av de fire ulike brannmannsoppgavene (Rhea et. al., 2004).

For en SOF-operatør er det stor risiko for å bli skadet under et oppdrag. Skader kan komme i form av alvorlige fall og de kan bli truffet av tunge gjenstander etc. På oppdrag der operatører kan komme i direkte kontakt med fienden har de også alltid den overhengende trusselen om direkte kamphandlinger og skader som kan føre til dødsfall. 75th Ranger Regiment har med sitt styrkebidrag i Afghanistan og Irak fra 2001 til 2010 mistet 32 liv i kamphandlinger (Kotwal et al., 2011). I perioden 2001 til 2004 mistet 82 amerikanske SOF-operatører livet (Holcomb et al., 2007). Omtrent 90 % av kamprelaterte dødsfall skjer før de sårede kommer til medisinske behandlingssteder. De fleste som dør på slagmarken i operasjoner og oppdrag i nyere tid har gjort dette i løpet av

minutter etter at skaden inntreffer, og den største medisinske årsaken som operatører dør av, som kan hindres, er blødninger (Veliz et al., 2010). Dette fører til at de fysiske egenskapene som er nødvendig for å evakuere en SOF-operatør blir viktige i enhver operasjonstype. Enten for å få operatørene ut av kamphandlingene med helikopter, eller bort fra utrygge soner der skuddvekslinger foregår for å utføre førstehjelp. Hvilke egenskaper dette er, er det vanskelig å spesifisere på grunn av de ulike operasjonstypene og hva slags situasjon SOF-operatørene befinner seg i der og da. Uansett handler det om å gjøre et veldig stort arbeid med maksimal innsats på relativt kort tid, ofte i form av at en SOF-operatør må dra eller bære på en person. Med utrustning kan soldaten veie >90 kg; i tillegg kommer de ekstra kiloene operatøren har fra sin egen utrustning. På bakgrunn av det ovennevnte er det rimelig å tro at anaerob kapasitet og styrke er viktige fysiske egenskaper i slike tilfeller.

2.4.1 Veien til målet (infil) og veien ut fra målet (exfil) sin betydning for fysiske arbeidskrav

Norske spesialsoldater er trent for å kunne settes inn med fly, helikopter, båt, bil, under vann og på land, og trekkes ut av operasjonsområdet med de samme metodene. Hvilken metode som velges til ulike oppdrag varierer og har derfor betydning for de fysiske arbeidskravene som stilles.

Når US Army Rangers settes inn med fly og fallskjerm er det forventet at soldatene skal løpe fra stedet de landet til samlingspunktet så fort som mulig. Avstanden skal ideelt ikke være større enn noen hundre meter, men kan være over 1000 m (Pemrick, 1999). Avhengig av avstanden og hvor tidskritisk det er å komme til oppsamlingspunktet kan denne delen av et oppdrag stille et relativt stort fysisk krav til både aerob utholdenhet og anaerob kapasitet.

I en studie på US Navy Seals var hensikten å identifisere de fysisk krevende oppgavene de utførte i ulike oppdrag. Av innsettings- og uttreknings-metoder listes blant annet: gå 15 km i ujevnt terreng på natten med 56 kg tung sekk, gå 42 km gjennom tykk vegetasjon i løpet av tre dager med 30 kg sekk og å kjøre gummibåt i tre timer for så å svømme 2000 m, utføre oppdrag og svømme tilbake til gummibåten for så å kjøre 6 km til oppsamlingspunkt (Prusaczyk, 1995). Disse eksemplene viser klart at både aerob utholdenhet og styrke

(avhengig av vekt på utstyr som bæres med) er svært viktige fysiske egenskaper for SOF-operatører.

2.5 Oppsummering – fysiske arbeidskrav for spesialstyrker

Alle de ulike oppdragene norske spesialstyrker kan påta seg, de mange fasene i et enkelt oppdrag, det forskjellige utstyret som trengs fra gang til gang, og usikkerheten og uforutsigbarheten oppdrag, krig og konflikter bærer med seg, fører til et stort spenn i de fysiske arbeidskravene som stilles til operatørene. Ut ifra det ovennevnte kan en anta at det er viktig med blant annet god styrke, aerob kapasitet, anaerob kapasitet i overkroppsmuskulatur så vel som i strekkapparatet i beina. Styrke i strekkapparatet i beina er viktig for å kunne bære med seg sitt utstyr over ujevnt terreng eller hindre i urbane miljøer over kortere og lengre tidsperioder, for å stå imot for landingen når SOF-operatørene blir satt inn med fallskjerm. Styrke i overkroppen er viktig når SOF-operatørene skal fire seg ned i tau fra helikopter eller klatre opp en skuteseide i en taustige, med full stridsutrustning. Aerob kapasitet er viktig for blant annet å komme seg til et oppsamlingspunkt så fort som mulig eller infiltrere seg på et mål over mange kilometer. Avhengig av hvor tidskritisk det er å komme seg til det nevnte punktet og avstanden, er trolig også anaerob kapasitet viktig. Det kan også tenkes at kravet til anaerob kapasitet er størst i direkte stridshandlinger da en kan anta at mange handlinger må skje så fort som mulig. Evnen til å sprinte alt fra noen få til flere hundre meter, bryte ned en dør så fort som mulig, trekke en såret kamerat bort fra en skuddsone m.m, kan være forskjellen på deres eget og/eller andres liv og død. Det er også viktige å huske på at disse arbeidskravene i mange tilfeller ikke blir stilt til SOF-operatørene i uthvilt tilstand. På oppdrag må SOF-operatørene være klar til å utføre de fysiske oppgavene som kreves uansett hva de har gjort i forkant. Et eksempel på dette gjenforteller Owen (2012) da de på oppdrag i Afghanistan måtte gå i flere timer og klatre i fjell med sitt fulle utstyr før de kom til landsbyen der de skulle utføre oppdraget sitt.

2.6 Spesialstyrker, spesialoperasjoner og de fysiologiske energisystemene

Det som er nevnt ovenfor tilsier at operatører er avhengig av alle energisystemene (disse utgreies mer detaljert om under) for å kunne utføre operasjonstypene doktrinene tilsier. De er avhengig av å kunne generere et

stort arbeid over kortere tidsperioder, kanskje ned i sekunder, eller generere kraft om og om igjen over ekstremt lange tidsperioder i den andre enden av skalaen. I tillegg finnes alle situasjoner man ikke vet oppstår, men som kan oppstå. Denne uvissheten er også en medvirkende årsak til at alle energisystemene er av viktighet for norske operatører.

For å kunne være best mulig fysisk skikket til oppdragene som skal bli løst er det blant annet viktig å vite hvordan energisystemene fungerer, hvilke av systeme som bidrar ved ulike typer arbeid, hvilke begrensninger de har, og hvilke variabler som kan bidra positivt til systemene. Denne forståelsen kan føre til riktig trening slik at norske SOF-operatører er bedre forberedt på å utføre sitt arbeid.

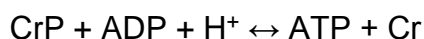
I den neste delen av teorikapittelet vil jeg redegjøre for energisystemene, spesielt ved utmattende arbeid av relativ kort varighet (<2 min). Jeg vil belyse hva som begrenser energisystemene ved slikt arbeid og faktorer som settes i sammenheng med prestasjon i denne type arbeid. Årsaken til at utmattende arbeid med relativ kort varighet ses spesielt på, er på grunn av at intensjonen med oppgaven er å evaluere en anaerob kapasitets-test som har en varighet <2 minutter, relevansen av denne, og anaerob kapasitet som et arbeidskrav for norske operatører.

2.7 Energiomsetning ved muskelkontraksjoner

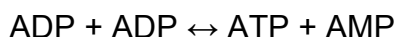
2.7.1 Generelt

Ved å bryte ned høyenergibindingene mellom fosfat gruppene i adenosintrifosfat-molekylet (ATP) kan muskelcellene frigjøre energi til kontraksjoner. Det er tre forskjellige, men integrerte systemer som jobber sammen for å forsyne musklene med mengden ATP de trenger (Gastin, 2001).

1. Det fosfagene systemet inkluderer kreatinfosfatprosessen og adenylat-kinase-reaksjonen. Kreatinfosfatprosessen omdanner ADP (adenosindifosfat) til ATP anaerobt ved å bryte fosfatbindingen på kreatinfosfat (CrP) og binde det til ADP molekylet. Enzymet kreatin kinase katalyserer denne reaksjonen:

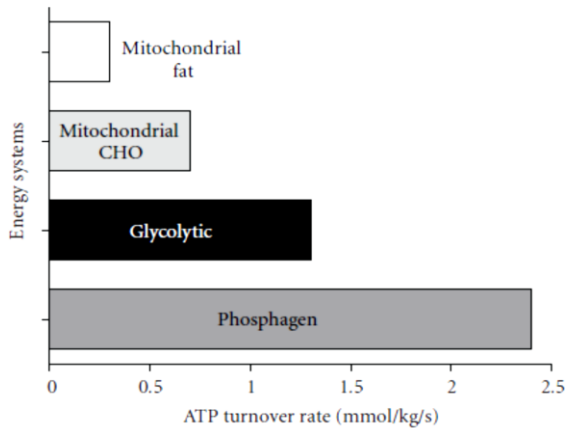


Adenylat-kinase-reaksjonen bruker to ADP, tar en fosfatgruppe fra det ene ADP molekylet og fosforylerer det andre slik at reaksjonen står igjen med en ATP og et adenosinmonofosfat (AMP):



2. Glykolysen er det andre anaerobe systemet. Dette bryter ned glykogen eller glukose til pyruvat og i løpet av denne prosessen dannes ATP. Aktiveringen av dette systemet er forårsaket av produksjonen av AMP og en økning av kalsiumioner i cellevæsken til muskelcellene. Gjennom glykolysen danner musklene 2 eller 3 ATP avhengig av om substratet er henholdsvis glukose eller glykogen. På grunn av de mange reaksjonene er hastigheten på ATP-resyntesen i glykolysen lavere enn i det fosfagene systemet. Figur 2.1 viser en oversikt over den maksimale ATP-resyntesehastigheten i de ulike energiomsetningssystemene (Baker et al., 2010).

3. Forbrenning av fett eller karbohydrater (og proteiner i mindre grad) i mitokondriene er den tredje prosessen som forsyner musklene med ATP og kalles ofte aerob eller oksidativ energiomsetning (Hargreaves & Spriet, 2006). Disse tre prosessene sammen er veldig godt egnet til å forsyne ATP til musklene ved høyintensivt arbeid enten det er for noen få sekunder eller i opptil flere timer, og deres kapasiteter representerer en fordel når de samhandler effektivt for å etterfylle ATP (Gastin, 2001).



Figur 2.1: Den maksimale hastigheten på ATP-omsetningen til de ulike energiomsetningsystemene. (Baker et al., 2010)

Vedvarende muskelkontraksjoner fører til såkalt trøtthet i muskulaturen (progressiv nedgang i effekt som gjenopprettes etter en viss tid). Avhengig av intensitet kan ulike grad av trøtthet oppstå etter noen få sekunder eller flere timer. Forskjellige mekanismer både i nervesystemet og i muskulaturen fører til dette. I muskulaturen kan trøtthet være et resultat av hvilke energisystemer som blir tatt i bruk og i hvilken grad de aktiveres (Allen et al., 2008).

Energisystemenes bidrag til trøtthet i muskulaturen (perifer trøtthet) vil jeg komme nærmere inn på senere. På grunn av at oppgavens fokus er på energisystemene vil det bli for omfattende å beskrive trøtthet i nervesystemet (sentral trøtthet) i detalj. Derfor vil jeg ikke omtale dette.

2.7.2 Anaerob energiomsetning ved maksimalt/nær maksimalt utmattende arbeid med relativt kort varighet

2.7.2.1 Fosfagensystemet

Vi har lagret omtrent 8 mmol ATP per kg muskelmasse (våt vekt) og 26 mmol kreatinfosfat (CrP) per kg muskelmasse (våt vekt; Baker et al., 2010). Ved maksimalt arbeid med relativt kort varighet aktiveres enzymene som resynteserer ATP til et veldig høyt nivå. I de første sekundene av et slikt arbeid er det fosfagensystemet og lagrene av ATP som må stå for tilførselen av ATP til det kontraktile apparatet i muskelcellene (samt en rekke ionepumper; Gastin, 2001; Åstrand et al., 2003).

Kreatinfosfatprosessen settes i gang og er på sitt maksimale med en gang muskelkontraksjonene starter. Etter 1.3 sekunder vil resynteseringen av ATP fra kreatinfosfatprosessen begynne og avta (Maughan et. al., 1997). Lagrene av CrP kan nesten tømmes helt. Bogdanis et. al. (1996) viste at etter 30 sekunder sprint på sykkelergometer var CrP-lagrene redusert til 20 % av hvileverdien. Sahlin & Henriksson (1984) fant en nedgang av CrP-lagrene til 11 og 16 % av hvileverdien ved isometrisk kneekstensjon til utmattelse, oppnådd etter 51 og 57 sekunder hos henholdsvis utrente og trente forsøkspersoner. Tømming av CrP-lagrene kan resultere i en redusert hastighet på ATP-omdannelsen, men om konsentrasjonen av CrP har en viktig rolle i forhold til utvikling av trøtthet, er tvilsomt (Vollestad & Sejersted, 1988). Siden CrP er en viktig buffer for ATP ved kortvarig høyintensivt arbeid kan derimot CrP-nivåene i musklene før arbeidet begynner være en bestemmende faktor for anaerob kapasitet og prestasjon (Gastin, 1994). Selv om både kreatinfosfatprosessen og adenylat-kinase-reaksjonen begge bidrar med ATP, har kreatinfosfatprosessen en langt høyere kapasitet på grunn av mengden lagret CrP (Baker et al., 2010).

Lagrene med ATP blir aldri helt tømt, men det er rapportert om 30 – 40 % reduserte lagre etter høyintensivt arbeid (Gastin, 1994). Slike verdier er ofte tatt fra hele muskler, eller homogenater, noe som tilsier at de er et gjennomsnitt av alle fibertypene tilstede. Avhengig av fibertypenes metabolske status og aktivering er ATP-omsetningen i ulike muskelfibertyper ulike. Etter 25 sekunder maksimal sykling er det blitt vist 80 % reduserte ATP-lagre i type IIX fibre (Allen et al., 2008). Det som hindrer ATP-lagrene fra å tømmes helt er blant annet at glykolysen også settes raskt i gang, men også fordi CrP virker som en buffer for ATP når kravet til energiomsetningen i musklene øker (Gastin, 1994). Andre forsvarsmekanismer for å unngå å tømme ATP-lagrene er blant annet trøtthet i muskulaturen, som jeg vil komme tilbake til.

Fosfagensystemet er viktig for bidraget av ATP og kraftutvikling ved kortvarig supramaksimalt arbeid (arbeid med intensitet over det maksimale oksygenopptaket), men på grunn av at CrP-lagrene tømmes relativt hurtig klarer ikke musklene å opprettholde denne store hastigheten på ATP-produksjonen (Gastin, 2001).

2.7.2.2 Glykolysen

Et biprodukt av glykolysen er laktat. Boobis et al. (1982) viste en signifikant økning i intramuskulær laktatnivå etter 6 sekunder sykling. Hultman & Sjøholm (1983a; 1983b) aktiverte vastus lateralis med elektrisk stimulering på 20 og 50 Hz i perioder fra 1,28 sekunder til 10 sekunder. De okkluderte sirkulasjonen til musklene for å redusere restitusjonen og effluksen av laktat før biopsiene ble tatt. I den korteste kontraksjonsperioden (1,28 sek) viste de at glykolysen bidro med ATP til kontraksjonen. Selv om glykolysen settes i gang når kontraksjonene starter, når den ikke sin maksimale hastighet av ATP-produksjon før etter omtrent 5 sekunders arbeid. Glykolysen kan opprettholde denne hastigheten i flere sekunder og bidra til at musklene kan vedlikeholde stor kontraksjonskraft over lengre tid. Ved maksimal intensitet kan hastigheten på glykolysen øke opp til 100 ganger i forhold til hvile (Gastin, 2001).

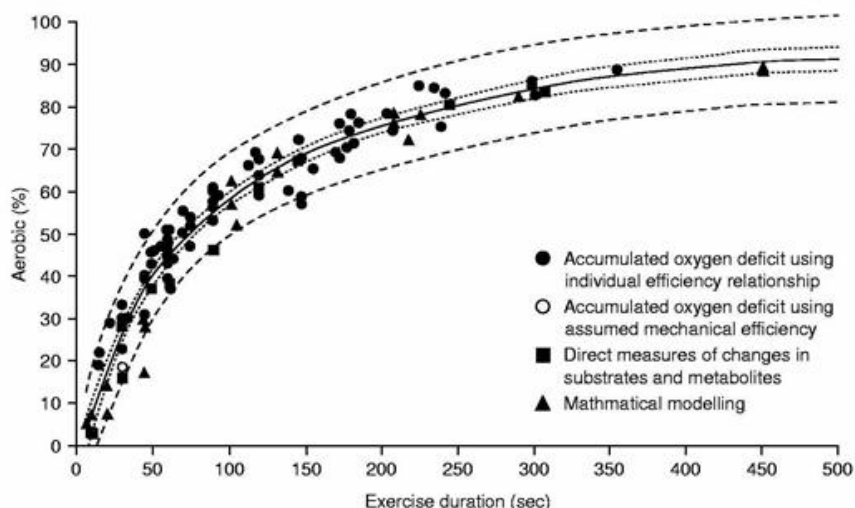
I supramaksimale utmattende arbeid som varer mer enn 10 – 20 sekunder er glykolysen den største anaerobe bidragsyteren til ATP-resynteseringen (Spriet, 1992) og bidraget til energiomsetningen ser ut til å være hovedsaklig anaerobt i maksimalt/nær maksimalt arbeid som varer i $\leq 50 - 90$ sekundene (Figur 2.2; Tabell 2.5). Det er forslått at skillet mellom når anaerob energiomsetning bidrar mest til energiomsetningen går ved 75 sekunder (e.g. Tabell 2.4; Gastin, 2001; Baker et al., 2010). Dette er en sammenfatning av mange studier og vil trolig være individuelt og avhengig av treningsstatus. Den individuelle forskjellen i andel glykolytisk ATP er vist av blant annet Gastin & Lawson (1994). Sprint-trente, utrente og utholdenhetstrente utførte 90 sekunders maksimalt arbeid. Det anaerobe bidraget var 47, 44 og 42 % for henholdsvis sprint-trente, utrente og utholdenhetstrente (Gastin & Lawson, 1994). I lys av det overnevnte, og at fosfagensystemet nesten tømmes etter 10 sekunder maksimal aktivitet (Baker et al., 2010), kan vi se hvor viktig glykolysen er for høyintensive arbeid til utmattelse.

Tabell 2.5: Estimert anaerobt og aerobt energibidrag ved utmattende arbeid med forskjellig varighet. Tabellen er hentet fra og basert på Tabell I og Figur 2 i Gastin (2001).

Table II. Estimates of anaerobic and aerobic energy contribution during selected periods of maximal exercise

Duration of exhaustive exercise (sec)	% Anaerobic	% Aerobic ^a
0-10	94	6
0-15	88	12
0-20	82	18
0-30	73	27
0-45	63	37
0-60	55	45
0-75	49	51
0-90	44	56
0-120	37	63
0-180	27	73
0-240	21	79

a Approximately $\pm 10\%$ at the 95% prediction level (refer table I and fig. 2).



Figur 2.2: Oppsummering av litteratur som viser den relative aerobe energiomsetningen under maksimalt arbeid med forskjellig varighet. 95 % konfidensintervall (indre delvise linjer) og 95 % prediksjons intervall (ytre delvise linjer) er vist ($r^2=0,96$). Hentet fra Gastin (2001).

2.7.3 Trøtthet i muskulaturen og begrensningene til de anaerobe systemene

Det fosfagene systemet blir aktivert med en gang et høy-intensivt arbeid starter og etter kun kort tid settes også det glykolytiske systemet igang (Gastin, 2001). Etter hvert vil trøtthet oppstå i muskulaturen. Trøtthet involverer endring i isometrisk kraft, maksimal forkortningshastighet og kraft-hastighets forholdet i

muskulaturen. Den nedsatte effekten som oppstår i høyintensivt og maksimalt arbeid er et resultat av mange mekanismer (Allen et al., 2008).

Dannelsen av uorganisk fosfat (P_i) skjer når de kontraktile proteinene omdanner ATP til mekanisk energi ($ATP \rightarrow ADP + P_i$). Uorganisk fosfat fører trolig direkte til en nedgang i kraftutviklingen til aktin og myosin, og er den underliggende mekanismen til redusert tetanisk kraft tidlig i trøtthetsutviklingen (Westerblad et al., 2002). Omfanget av mekanismen er likevel relativt liten. Uorganisk fosfat kan også føre til redusert myofibrillær kalsium-sensitivitet som kan ha en stor effekt på kraftutviklingen senere i trøtthetsutviklingen. Kalsiumfrigjøringen fra sarkoplasmatiske retikulum (SR) blir også redusert som følge av en økt konsentrasjon av uorganisk fosfat. En annen mekanisme som kan føre til redusert frigjøring av kalsium er at eksitasjons-kontraksjonskoblingen (E-C koblingen) oppfatter en redusert konsentrasjon av ATP. E-C koblingen responderer ved å frigjøre mindre kalsium som fører til at ATP-resyntesen reduseres ved å redusere kryssbrosyklusene og kalsium-gjenopptakelse av SR (Allen et al., 2008).

I vedvarende supramaksimalt arbeid vil pH-verdien i muskulaturen som arbeider, gradvis synke. Den reduserte pH-verdien kan hemme glykolytiske enzymer; spesielt fosforylase og fosfofruktokinase. Hastigheten på glykolysen vil da reduseres, dermed også ATP-resyntesen. Andre forklaringer på den nedsatte hastigheten på glykolysen er blant annet en nedsatt konsentrasjon av fri AMP i sarkoplasma som reduserer aktiveringen av fosforylase a. Hastigheten på glykolysen kan også respondere på redusert ATP-resyntese. (Gastin, 2001). Selv om lave pH-verdier kan ha en innvirkning på glykolysen ser det ikke ut til at de har en stor effekt på aktiveringen av de kontraktile proteinene og kalsiumfrigjøring som tidligere antatt (Allen et al., 2008).

Konsentrasjonen av ADP øker også ved vedvarende høyintensivt arbeid. Den forbigående økningen av ADP ser ut til å ha en sentral rolle i forhold til å redusere forkortningshastigheten til muskulaturen, noe som pH, P_i og kalsium konsentrasjon i muskelcellene har liten innvirkning på (Allen et al., 2008). Det finnes også flere underliggende mekanismer bak trøtthet, men disse vil jeg ikke utdype på grunn av oppgavens omfang.

Aerobe prosesser er også viktige i høy-intensivt utmattende arbeid (utdypes under). Disse kan være med å redusere utviklingen av trøtthet fordi ADP og P_i transporteres inn i mitokondriene for å danne ny ATP ved oksidativ fosforylering. Dermed vil ikke konsentrasjonen av disse øke i så stor grad dersom de aerobe prosessene aktiveres raskt (Alberts et al., 2010). Ved rask aktivering av de aerobe prosessene vil behovet for å omdanne pyruvat til laktat også reduseres. Dermed vil pH-verdiene i arbeidene muskulatur holde seg oppe lenger. Hvor raskt de aktiveres er individuelt og avhengig av VO_2 -kinetikken (hastigheten oksygenopptaket stiger med fra starten av et arbeid). Dersom VO_2 -kinetikken er rask vil også aerobe prosesser raskere bidra til den totale energiomsetningen.

2.7.4 Aerob energiomsetning ved maksimalt/nær maksimalt utmattende arbeid med relativt kort varighet

Når muskelkontraksjonene starter i et supramaksimalt arbeid vil også enzymene som produserer ATP aerobt aktiveres. Problemet med den aerobe energiomsetningen er at det tar en viss tid før ATP-produksjonen når ønsket hastighet, i tillegg krever supramaksimalt arbeid en større hastighet på ATP-produksjonen enn den høyeste hastigheten på den aerobe energiomsetningen (VO_{2maks}). Selv når VO_{2maks} er nådd må derfor glykolysen og fosfagensystemet bidra med ATP anaerobt (Hargreaves & Spriet, 2006).

Lenge har man trodd at den aerobe energiomsetningen øker relativt sakte når høyintensivt eller supramaksimalt arbeid settes igang, og at den spiller en liten rolle for prestasjonen i øvelser med en varighet på omkring 2 minutter eller mindre (f.eks. 400 m eller 800 m løp). Med målemetoder der en kan se nærmere på oksygenopptakskinetikken i forhold til kortvarig supramaksimalt arbeid, ser man imidlertid at den aerobe energiomsetningen bidrar mer enn tidligere antatt (Gastin, 2001).

Kavanagh & Jacobs (1988) prøvde å kvantifisere andel av anaerob og aerob energiomsetning i en 30-sekunders Wingate-test. De fant ut at den aerobe energiomsetningen stod for 18,5 % av den totale energiomsetningen. Smith & Hill (1991) fant ut at den aerobe energiomsetningen stod for 16 %. Studiene brukte en antatt mekanisk effektivitet på henholdsvis 25,0 % og 18,5 %. I motsetning til Kavanagh & Jacobs og Smith & Hill sitt arbeid er det rapportert

om en andel aerob energiomsetning på 23 – 33 % ved bruk av Maximal Accumulated Oxygen Deficit-metoden (MAOD) (f.eks. Calbet et al., 1997) på maksimalt arbeid på 30 sekunder. I tråd med disse resultatene viste Bogdanis et al. (1996) med direkte målinger av muskelmetabolitter et 29 % bidrag fra den aerobe energiomsetningen under 30 sekunder maksimalt arbeid.

Spencer & Gustin (2001) undersøkte de ulike energisystemenes bidrag til simulerte løpsdistanser i friidrett (200 m, 400 m, 800 m og 1500 m). De brukte MAOD-metoden. Resultatene viste at for 200-, 400-, 800- og 1500 m var den aerobe andelen henholdsvis 29, 43, 66 og 84 %. I tillegg viste det seg at den aerobe energiomsetningen reagerte raskt på arbeidskravet til de ulike løpsdistansene. Et sted i tidsrommet mellom 15 og 30 sekunder skiftet energiomsetningen til å være hovedsakelig aerob på 400-, 800-, og 1500 m.

Figur 2.2 er en oppsummering av litteratur som tar for seg det relative bidraget av aerob energiomsetning i utmattende eller maksimalt arbeid over en rekke tidsperioder. Studiene som er tatt med bruker metoder som kan underordnes i tre kategorier: MAOD-metoden, direkte måling av substrater og metabolitter i muskulaturen og studier som har brukt matematiske modeller for predikering av løpsprestasjoner i verdensklasse. De matematiske analysene bruker termodynamikkens første lov og har vist seg svært gode i å predikere prestasjon (Ward-Smith, 1999). Derfor hevdes det at presisjonen på utregningen av de ulike energiomsetningssystemenes bidrag er høy (Gustin, 2001).

2.7.5 Aerob energiomsetning, dets begrensninger og muskeltrøtthet

Begrensningene til det aerobe systemet til å resyntesere ATP ved høy-intensivt og supramaksimalt arbeid til utmattelse ligger i mengden ATP systemet kan omsette per tidsenhet (Figur 2.1) og hastigheten systemet bruker på å aktiveres maksimalt. I motsetning til de anaerobe systemenes aktivering (ved start og 5 sekunder for maksimal aktivering for henholdsvis det fosfagene og det glykolytiske systemet) kan det ta over 1 minutt før det aerobe systemet er maksimalt aktivert under kortvarig høy-intensivt arbeid (Gustin, 2001). Det aerobe systemet og dets begrensninger vil ikke føre til noe nevneverdig muskeltrøtthet i høy-intensivt, utmattende arbeid <2 min. Snarer tvert imot: Desto raskere det aerobe systemet aktiveres, desto raskere kan mitokondriene

ta opp ADP og P_i som tidligere beskrevet hoper seg opp i muskulaturen. (McArdle et al., 2007). Det er likevel verdt å nevne at ved langvarig submaksimalt arbeid (intensitet under det maksimale oksygenopptaket) der glykogen er hovedsubstratet til energiomsetningen, tømmes glykogenlagrene etterhvert (Allen et al., 2008). Dette er verdt å nevne fordi et slikt langvarig submaksimalt arbeid er noe norske operatører mulig må utføre og det er blitt vist at lave glykogenlagre før et høy-intensivt utmattende arbeid er assosiert med raskere kraftfall og fall i tetanisk intracellulær kalsiumkonsentrasjon (Helander et al., 2002). Under operasjoner der submaksimale arbeid over lengre tid må utføres er det derfor viktig å fylle på med karbohydrater underveis, slik at utførelsen av et høy-intensivt arbeid som plutselig må utføres ikke blir negativt påvirket av glykogenlagrene.

2.7.6 Samhandlingen mellom anaerob og aerob energiomsetning ved maksimalt/nær maksimalt arbeid

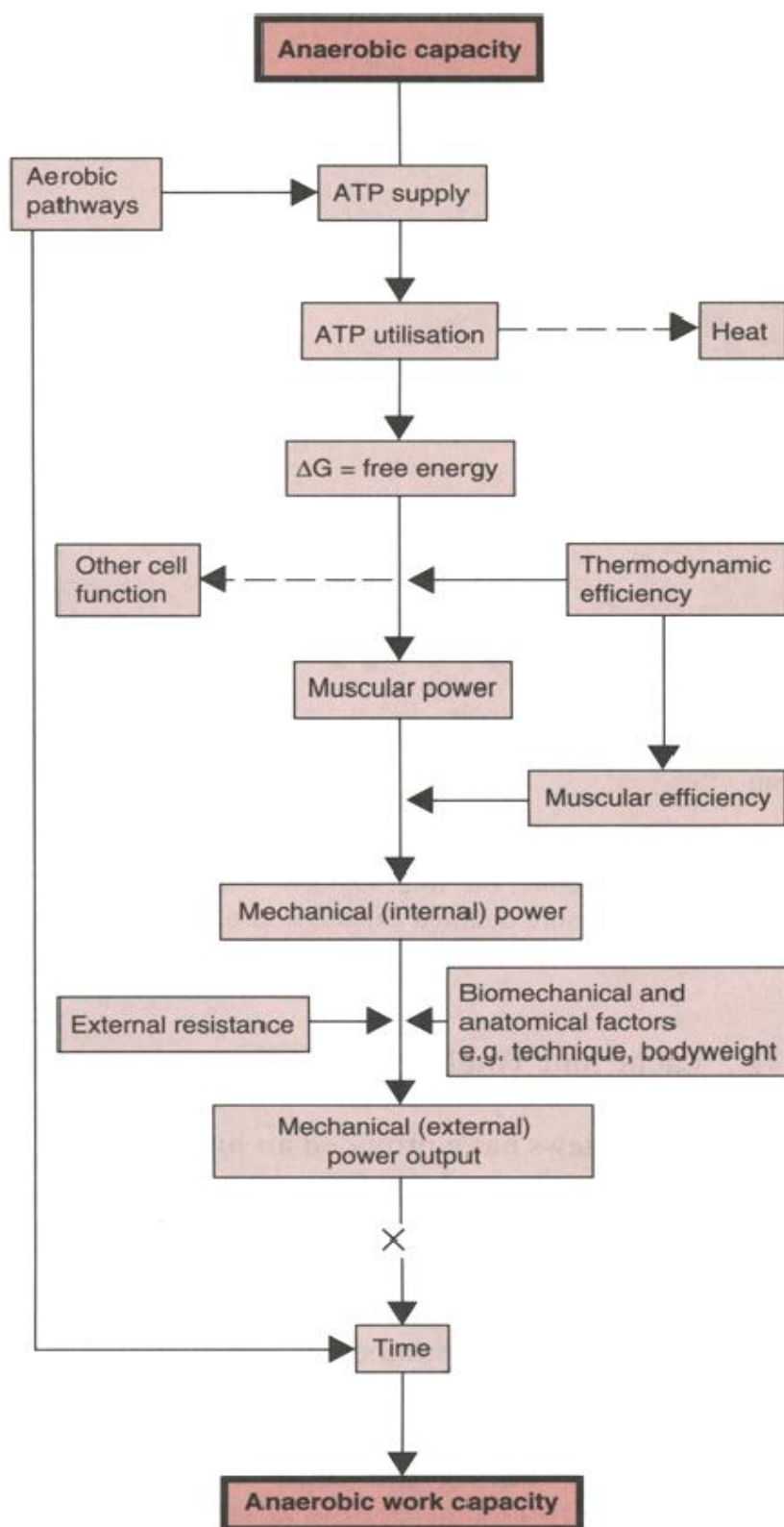
Ved starten av et supramaksimalt og/eller høyintensivt arbeid vil alle tre systemene som bidrar til ATP-resyntese settes i gang. Fosfagensystemet og lagret ATP i muskulaturen bidrar med den største delen av ATP til kontraherende muskulatur de første sekundene (Baker et al., 2010). Glykolysen når ikke sin maksimale hastighet før etter omtrent 5 sekunder, men kan holdes der i flere sekunder før hastigheten på resynteseringen av ATP også her reduseres. Fosfagensystemet og glykolysen sørger også for at supramaksimale intensiteter kan opprettholdes over lengre tid. Dersom varigheten på arbeidet varer mer enn omtrent 15 - 30 sekunder vil den aerobe energiomsetningen også bidra signifikant da forholdet mellom den aerobe og anaerobe energiomsetningen i et pågående arbeid vil krysse omtrent her. Den anaerobe energiomsetningen vil dominere dersom arbeidet som utføres varer under eller like lenge som 50 – 90 sekunder (Gastin, 2001).

2.8 Anaerob kapasitet og anaerob arbeidskapasitet

Anaerob kapasitet kan defineres som den maksimale mengden ATP resyntesert av anaerobe prosesser i løpet av en enkelt arbeidsperiode med maksimal intensitet. Derfor må anaerob kapasitetstester vare lenge nok til å tømme det anaerobe systemet helt (Gastin, 1994). Trolig er en varighet på mellom 90 og 120 sekunder nødvendig for å «tømme» den anaerobe kapasiteten (Vandewalle et al., 1987). «Anaerob kapasitet» brukes likevel ofte om tester med en varighet under det som skal til for å «tømme» det anaerobe systemet (f.eks. 30-sekunders Wingate-test).

Anaerob arbeidskapasitet er et annet begrep som Green & Dawson (1993) definerer slik: den totale mengden arbeid i et utmattende arbeid som varer lengde nok til å maksimere hastigheten på anaerob ATP syntese, gitt at ATP syntesen overgår den fra oksidativ metabolisme. Figur 2.3 viser at dersom man ikke kan få et indirekte eller direkte mål på den anaerobe energiomsetningen er det mange andre faktorer som har en innvirkning på effekten en kan klare å produsere (Green & Dawson, 1993). Anaerob arbeidskapasitet kan muligens være et mer dekkende begrep for å beskrive slike kortere tester.

Videre vil jeg ikke skille på bruken av anaerob arbeidskapasitet og anaerob kapasitet fordi begrepene ikke skilles så godt i litteraturen. Det er derimot viktig å huske på hva de ulike testene faktisk måler. Måler man anaerob energiomsetning indirekte eller direkte og prøver å «tømme» de anaerobe systemene vil en kunne beskrive kapasiteten til disse systemene. Dersom man prøver å si noe om den anaerobe kapasiteten som et resultat av gjennomsnittlig effekt eller tid brukt på et arbeid er det mange andre faktorer som også spiller en rolle for det totale arbeidet (Green, 1995; Figur 2.3).



Figur 2.3: Beskrivelsen av forholdet mellom anaerob kapasitet og anaerob arbeidskapasitet slik Green & Dawson (1993) beskriver det.

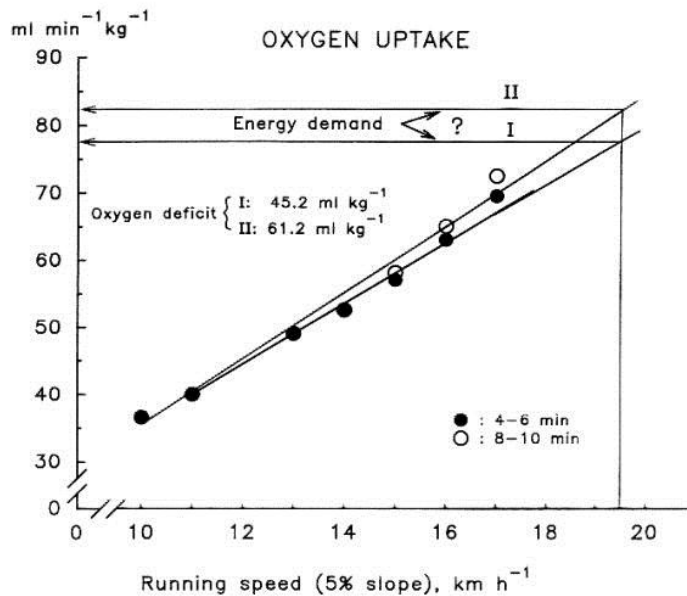
2.9 Testing av anaerob kapasitet

For å måle anaerob energiomsetning direkte (både det fosfagene systemet og glykolyesen) må man ta en muskelbiopsi før og etter et visst arbeid. Ved å måle endringen i CrP og ATP, og akkumuleringen av metabolitter som pyruvat og laktat kan man regne ut den anaerobe energiomsetningen (Bangsbo, 1998). Dersom man bruker biopsier for å måle anaerob energiomsetning er det viktig å vite hvor mye muskelmasse som er i bruk under arbeidet. Fordi det er vanskelig å finne ut av hvor mye muskelmasse som er i bruk er det vanskelig å beregne total anaerob energiomsetning ved helkroppsarbeid som f.eks. sykling. Et annet problem ved helkroppsarbeid er effluxen av laktat fra musklene under arbeidet. Det er vanskelig å estimere hvor mye laktat som er sluppet ut i blodbanen på grunn av usikkerheten av utvanningsvolumet til laktat. Det kan være så lavt som $80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ kroppsvekt basert på blodvolumet eller $400 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ kroppsvekt basert på total mengde kroppsvann. Dersom man bruker en ett-beins kneekstensjonsmodell og kontrollerer for opptaket av laktat i passiv muskulatur (hamstrings/adductorer), og utskillelsen av laktat fra arbeidende muskulatur slik som Bangsbo et al. (1990), ser det ut til at man kan måle anaerob energiomsetning ganske nøyaktig (Bangsbo, 1998).

Å måle anaerob kapasitet og energiomsetning med teknikker nevnt ovenfor er lite praktisk. Det tar mye tid, krever mye utstyr og kvalifisert personell. I tillegg må man begrense øvelsen slik at man har kontroll over hvor mye muskelmasse som er med i arbeidet (f.eks. kne ekstensjon), noe som ofte ikke er ønskelig i sammenheng med idrett og prestasjon. Av denne grunn er det blitt utviklet andre tester som indirekte måler anaerob kapasitet. Dessverre finnes det ikke noen akseptert «gullstandard» for å teste anaerob kapasitet, og det er derfor det også er vanskelig å validere slike tester (Gastin, 1994).

De vanligste testene er enten av typen der innsatsen er maksimal fra første stund over en bestemt arbeidsperiode eller en konstant intensitetstest på supramaksimale belastninger som varer til forsøkspersonene selv mener de ikke klarer å fortsette. Testene kan utføres på en rekke testutstyr (f.eks. sykkelergometer eller tredemølle) og har forskjellig mål på det som defineres som anaerob kapasitet (f.eks. oksygenunderskudd eller gjennomsnittlig effekt; Vandewalle et al., 1987).

En mye brukt anaerob kapasitetstest er oksygenunderskuddstesten som er en konstant intensitetstest til utmattelse. Under oksygenunderskuddstesten arbeider forsøkspersonen på en intensitet over det maksimale oksygenopptaket der oksygenkravet er regnet ut på bakgrunn av det nær lineære forholdet mellom oksygenopptak og arbeidsbelastning på submaksimalt arbeid. Ved å vite hvor stort oksygenkravet til arbeidsbelastningen er og måle oksygenopptaket underveis, kan en regne ut oksygenunderskuddet. Oksygenunderskudd har blitt mye brukt til å kvantifisere anaerob energiomsetning (Medbøe & Tabata, 1993). Å kvantifisere anaerob energiomsetning slik, ser også ut til å stemme overens med oksygenunderskuddet i arbeidende muskulatur dersom man vet massen på muskulaturen, men nøyaktig å regne ut anaerob energiomsetning i hel-kroppss aktiviteter ser fortsatt ut til å være et problem (Bangsbo, 1998). Årsakene til dette er blant annet at ved høye submaksimale belastninger ser det ut til at oksygenopptaket er høyere enn det ville vært dersom man estimerer oksygenopptaket fra submaksimale belastninger med lavere intensitet (Figur 2.4). Grunnen til dette er at forholdet mellom belastning og oksygenopptak ikke er lineært ved høye submaksimale belastninger. Ofte blir estimert oksygenopptakskrav ved supramaksimale belastninger underestimert, dermed også den anaerobe energiomsetningen (Bangsbo et al., 1993). Ved høye submaksimale belastninger vil også oksygenopptaket øke over tid, derfor blir det estimerte oksygenopptakskravet avhengig av når målingene av oksygenopptaket blir gjort under de submaksimale dragene (Figur 2.4; Bangsbo, 1998). Andre begrensninger for denne type tester (konstant intensitetstester), dersom en bruker tredemøller som testutstyr, er blant annet løpsteknikk, helning og fart. Supramaksimale hastigheter kan ofte være høye. Olesen (1992) kom frem til at endringen i løpsøkonomi på høye hastigheter ved 1 % helningsgrad var årsaken til et signifikant lavere oksygenunderskudd sammenlignet med 15 % helningsgrad. Utmattelse kan da komme som et resultat av evnen personene har til å løpe på høye hastigheter og ikke en utmattelse av energisystemene (Gastin, 1994). Likevel er oksygenunderskuddstesten den mest aksepterte testen per dags dato for å kvantifisere anaerob kapasitet selv om den har sine begrensninger når det kommer til helkroppsarbeid.



Figur 2.4: Det individuelle forholdet mellom løpshastighet og oksygenopptak avhengig av om oksygenopptaksmålingene er gjort mellom 4-6 minutter eller 8-10 minutter (Bangsbo, 1998).

Anaerob kapasitetstester med maksimal innsats fra start («all-out» tester) varierer i varighet fra 30 til 120 sekunder. Wingate-testen, som varer i 30 sekunder, er for kort til å tømme kapasiteten til den anaerobe energiomsetningen (Vandewalle et al., 1987). Det er også avarter av samme test som varer i 40 sekunder (Katch et al., 1977). Det er derimot blitt vist en høy korrelasjon ($r=0.95$) mellom gjennomsnittlig effekt over 40 sekunder og 2 minutter, som gjør at bruken av tester med lengre varighet ikke alltid er nødvendig. Dersom den aerobe komponenten i arbeidet ble tatt bort er det trolig at korrelasjonen hadde vært enda høyere (Vandewalle et al., 1987). Et eksempel på hvordan den aerobe komponenten kan ha innvirkning på slike kortere tester der det måles et arbeid utført, ble vist av Denis et al. (1992). Det var ingen forskjell mellom 100 m løpere og 800 m løpere når det gjaldt totalt arbeid i en 45 sekunder maksimal sykkeltest, selv om 100 m løperne hadde en større andel type II muskelfibre, bedre bufferkapasitet og glykolytisk-enzymaktivitet. Derimot var det totale relative arbeidet over de første 30 sekundene høyere hos 100 m-løperne. Det økte relative anaerobe potensialet hos 100 m-løperne var derfor kun synlig de første 30 sekundene. At 800 m løperne ikke viste en forskjell i relativt totalt arbeid etter 45 sekunder er trolig fordi den aerobe energiomsetningen økte raskere og at muskulaturen deres

ikke ble så uttrøttet som 100m løpernes (Denis et al., 1992). Derfor er det mulig at en 30-sekunders test er bedre egnet til å reflektere anaerob kapasitet selv om kapasiteten til det anaerobe systemet ikke er tømt etter 30 sekunder (Green, 1995).

2.9.1 Felt tester av anaerob kapasitet

Når en tar i betraktning hvor vanskelig det er å komme frem til en valid laboratorietest for å måle anaerob kapasitet, er det ikke overraskende at det heller ikke er en felt test som er universelt akseptert. Løpsdistanser fra 300 m opp til 600 m er blitt brukt, 500 m roing og sprinter på isen for ishockey spillere er også rapportert. Tid på 300 m løp ser ut til å korrelere bra med oksygenunderskuddstesten (ml/kg kroppsvekt) på tredemølle ($r=0.76$) i forhold til både 400 m og 600 m løp ($r=0 - 0.57$; Green, 1995).

Mange andre felt-tester har også blitt sammenlignet med Wingate-testen. I forhold til gjennomsnittlig effekt (W) i Wingate-testen er 300 m løpstid og fart på 500 m skøyter signifikant korrelert (henholdsvis $r=-0.88$ og 0.76 ; Inbar et al., 1996).

2.9.2 Oppsummering: Testing av anaerob kapasitet

Anaerob kapasitet er et begrep som brukes om mange forskjellige tester i litteraturen. Både om tester som har til hensikt å «tømme» det anaerobe systemet (f.eks. maksimalt oksygenunderskuddstesten) og tester som har en for kort varighet til å «tømme» det anaerobe systemet (f.eks 300 m). Å teste den anaerobe kapasiteten er vanskelig og det finnes ingen gullstandard for dette.

Dersom vi ser på definisjonen av anaerob kapasitet vil tester som har til hensikt å «tømme» det anaerobe systemet være mest valide, men målemetodene (f.eks. biopsier eller oksygenunderskudd) er ofte vanskelige, upraktiske og problematiske metodemessig (beskrevet tidligere; Gatin, 1994). Kortere tester som f.eks. 300 m løp og 30 sekunder maksimal sykling på ergometersykel er mer praktiske å gjennomføre, men gir kun en indikasjon på den anaerobe kapasiteten da det er mange andre faktorer som er avhengig av prestasjonen i slike tester (Figur 2.3; Green & Dawson, 1993).

2.10 Faktorer som har en innvirkning på anaerob kapasitet

Målt i absolutte verdier er muskelmasse en viktig predikator for god anaerob kapasitet. Store deler av forskjellene i anaerob prestasjon mellom kjønn og alder er klart relatert til muskelmasse (MacDougall et al., 1990). Skinner & O'Connor (1987) sammenlignet ulikt trente idrettsutøvere på høyt nivå (styrkeløftere, gymnaster, brytere, 10 km løpere og ultramaraton utøvere) i Wingate-testen. Gjennomsnittlig effekt per kg kroppsmasse var ikke forskjellig. På grunn av det høye nivået på utøverne er det trolig at det er stor forskjell i muskelmasse mellom utøverne, noe som også tilsier at den absolutte gjennomsnittlige effekten er forskjellig. Maud et al. (1986) fant ingen forskjell mellom menn og kvinner i en 30-sekunders Wingate test når resultatene ble presentert relativt til fettfri masse. Presentert i absolutte verdier var det derimot en klar signifikant forskjell. Perez-Gomez et al. (2008) fant også en sammenheng mellom muskelmasse i underekstremitetene og prestasjonene fra en Wingate og 300 m løpstest hos 155 studenter. I en annen studie på judo-utøvere på elitenivå så de også en god sammenheng mellom gjennomsnittlig effekt i en Wingate-test og muskelmasse ($r = 0.74$; Kim et al., 2011). I oksygenunderskuddstesten er det også vist en sammenheng mellom oksygenunderskuddet og muskelmasse. Sloniger et al. (1997) viste at aktivert muskelmasse når forsøkspersonene løp med 10 % stigning var større enn ved horisontal løping ($p < 0.05$). Forskjellen i aktivert muskelmasse viste en sammenheng mellom forskjellen i oksygenunderskudd ($p < 0.05$).

Muskelmasse har en direkte sammenheng med styrke (Raastad et al., 2010) og Kin-Isler et al. (2008) så ved isokinetiske knekstensjoner en sammenheng mellom maksimalt dreiemoment og gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen på amerikanske fotballspillere ($r=0.46$; $r=0.52$; $r=0.50$ ved henholdsvis 60, 150 og 240 $^{\circ}/s$). En slik sammenheng ble også sett på profesjonelle basketballspillere ved 60 ($r=0.51$) og 180 $^{\circ}/s$ ($r=0.40$; Alemdaroglu, 2012). Disse resultatene viser at styrke i stekkapparatet i beina er viktig prestasjonen i en Wingate-test, og trolig også for anaerob kapasitet .

Eksplisiv styrke og evnen til å motstå trøtthet i kraftutviklingen har vist seg å være en god predikator for prestasjon i 400 m løp. Miguel & Reis (2004) så på sammenhengen mellom sesongbeste 400 m-tid og høyden i svikthopp (CMJ;

countermovement-jump) og gjennomsnittlig høyde i 30 repeterte CMJ (30CMJ) hos 15 400 m løpere på elitenivå. I denne studien var sammenhengen mellom 400 m og CMJ, og 400 m og 30CMJ god (henholdsvis $r = -0.68$ og $r = -0.75$).

Treningsstatus ser også ut til å ha innflytelse på anaerob kapasitet.

Tverrsnittsstudier har vist at sprint- og kraft-trente utøver presterer bedre i høyintensive og korte arbeidsperioder enn utholdenhetstrente og utrente.

Longitudinale studier støtter disse funnene som rapporterer om økt maksimal og gjennomsnittlig effekt etter sprint trening. Sprinttreningen øker bufferkapasitet, glykolytiske og oksidative enzymkonsentrasjoner, myofibrillær ATPase-aktivitet og laktat produksjon (Gastin, 1994). I to treningsintervensjoner der menn og kvinner utførte seks uker med høyintensiv intervalltrening (3x2 min med 8 min pause eller 8x20sekunder med 5 min pause) økte begge gruppene sitt maksimale oksygenunderskudd i løp til utmattelse som varte i 2 - 3 minutter med 10 %. Menn økte mer (16 %) i forhold til kvinner (5 %; Medbøe & Burgers, 1990). I samme studien ble det også utført en tverrsnittsundersøkelse av utrente, utholdenhetstrente og sprint-trente utøver. Det maksimale oksygenunderskuddet til sprint-trente utøvere som hadde konkurrert på høyt nivå over flere år var 30 % større. Medbøe & Burgers (1990) mener derfor at høyintensitets intervalltrening kan øke den anaerobe kapasiteten noe på kort sikt, men på grunn av at sprint-trente utøvere hadde 30 % større oksygenunderskudd (mmol/kg) enn utrente og utholdenhetstrente, spiller genetiske faktorer og trening over lang tid en stor rolle for den anaerobe kapasiteten.

Tidligere i oppgaven er det beskrevet hvordan samhandlingen mellom anaerob og aerob energiomsetning er og den aerobe energiomsetningen ser ut til å være av betydning i en anaerob kapasitets test. Etter mellom 30 til 60 sekunder med maksimal intensitet i arbeidet kan VO_2 stige til 90 % av personens maksimale oksygenopptak. Under en 30-sekunders maksimal test ser det ut til at den aerobe energiomsetningen står for mellom 20 og 30 % av den totale energiomsetningen (Gastin, 2001). I simulerte løpsdistanser (200, 400, 800 og 1500 m) på tredemølle der oksygenunderskuddsmetoden ble brukt fant de en andel aerob energiomsetning på 29 % på 200 m. Varigheten på løpet var kun 22 sekunder (Spencer & Gastin, 2000). På grunn av at det aerobe

energibidraget er betydelig i tester som varer helt ned i 22 sekunder vil trolig også VO₂-kinetikken være med på å påvirke resultatet i anaerob kapasitetstester som ikke direkte eller indirekte kvantifiserer den anaerobe energiomsetningen (Figur 2.3). Både på grunn av energibidraget til aktiviteten, men den aerobe energiomsetningen kan hjelpe til med å «forsinke» trøtthetsmekanismer som oppstår blant annet på grunn av opphopningen av ADP og P_i.

2.11 Validitetstesting

Det er ulike måter å test validitet. I idrettsvitenskap er «concurrent-validity» vanlig å bruke. Validiteten bestemmes her av hvor stor grad av korrelasjon det er mellom den nye målemetoden og eksisterende målemetoder. Ideelt sett ville jeg sammenlignet den nye målemetoden mot en gullstandard for indirekte måling av anaerob kapasitet, men som forklart tidligere finnes ikke en slik gullstandard. På grunn av at det ikke finnes en gullstandard å sammenligne den nye målemetoden med, er det viktig å vite at dette kan påvirke resultatene i en negativ retning. Å sammenligne en potensielt ny god metode med en eksisterende som kanskje ikke er fullt så god, kan føre til at man bedømmer den potensielle nye metoden som dårlig (Beyer & Magnusson, 2010). På bakgrunn av dette har jeg valgt å sammenligne EVAK-testen med flere tester som brukes hyppig i litteraturen som anaerob kapasitets-tester. I tillegg kan det å bruke flere tester gi et mer helhetlig bilde av faktorer som har innvirkning på prestasjonen i EVAK-testen.

Logisk validitet er en annen type validitet som er sentral i denne oppgaven, og blir noen ganger referert til som «face validity». Det blir hevdet at en test har logisk validitet når den «åpenbart» måler det testen er tiltenkt å måle. Sagt på en annen måte er testen valid med hensyn til definisjonen. F.eks. har en statisk balansetest som utføres ved å balansere på en fot, logisk validitet (Thomas & Nelson, 1996). Som nærmere beskrevet i Metode-kapittelet blir EVAK-testens logiske validitet testet på bakgrunn av teori om spesialstyrkers fysiske arbeidskrav og SOF-operatørene egen oppfatning av testen. Å basere seg på SOF-operatørene egen oppfatning blir viktig fordi det finnes lite litteratur om spesialstyrkers fysiske arbeidskrav, og ingen kan beskrive alle de ulike

situasjonene som kan oppstå på et oppdrag og kvantifisere de fysiske kapasitetene som det er behov for.

2.12 Reliabilitetstesting

I analyser av prestasjon i idrettsvitenskap, som i denne oppgaven, blir termen reliabilitet ofte brukt om hvor godt målingen av en variabel samsvarer ved flere målingstidspunkt dersom utgangspunktet er det samme (O'Donoghue, 2012). Å få nøyaktig det samme resultatet når en tester en person flere ganger er vanskelig, om ikke umulig. Derfor kan reliabilitet ses på som en akseptabel reproduserbarhet. Dersom vi er interessert i å måle om en intervensjon har ført til forandringer er det viktig at testene som blir utført er reproduserbare.

Test-retest reliabilitet er en måte å finne ut av om en test er reproduserbar. Da testes en rekke personer ved et visst tidspunkt, og etter en kortere tidsperiode testes de igjen. Ved å bruke ulike statistiske verktøy (f.eks. variasjonskoeffisient eller intraclass correlation) på dataene som er samlet kan man vurdere reproduserbarheten til en test. Variasjon i resultatene forekommer i systematisk eller tilfeldig variasjon. Systematisk variasjon innebærer at dataene peker i en bestemt retning fra test til retest (f.eks. innlæring av test; de fleste blir bedre på test nummer to). Tilfeldig variasjon kan for eksempel være dagsform (Beyer & Magnusson, 2010). Test-retest studier blir utført på stabile karakteristikk (f.eks. anaerob kapasitet) og under kontrollerte forhold. Tiden mellom testtidspunktene burde være lange nok slik at ikke resultatene blir påvirket av minnet om testen og kort nok til at modningen av deltakerne ikke blir et problem (O'Donoghue, 2012).

Intraclass korrelasjons koeffisient (ICC) er en reliabilitetskoeffisient som utregnes på bakgrunn av en variasjonsanalyse og avspeiler sammenhengen mellom to eller flere verdier. Det er mulig å regne ut ICC på seks forskjellige måter og for at leseren skal forstå reliabiliteten ICC-verdien gjenspeiler er det viktig å forklare hvilken metode som er brukt og hvorfor. Systematisk variasjon kan føre til en høy ICC-verdi dersom dette ikke tas høyde for i valget av utregningsmetode og reliabiliteten kan derfor bli feiltolket. En annen faktor til feiltolkning av resultatet av en ICC-verdi, slik som i Pearsons r korrelasjon, er hvor stor variansen i tallmaterialet er. Av årsaker nevnt over burde ikke ICC være den eneste statistiske metoden for å vurdere reliabilitet (Atkinson & Nevill,

1998). Morrow & Jackson (1993) anbefaler også og regne ut 95 % konfidensintervaller for ICC-verdien for å gi et mer informativt bilde av reliabiliteten.

Variasjonskoeffisient (CV; coefficient of variation) er en annen måte å beregne reliabilitet. Dette er den tilfeldige variasjonen uttrykt som en prosent av gjennomsnittet av målinger. Denne metoden særlig egnet til å regne ut reliabiliteten til prestasjonstester. Avhengig av av testens art, tid mellom tester og erfaringene til en utøver i den aktuelle testen varierer CV'en mellom 1 – 5 % i de fleste tilfeller (Hopkins, 2000). Dersom en intervensjon skal vise målbar effekt burde forandringen være større enn CV (Beyer & Magnusson, 2010). Desto lavere CV en test har, desto mindre kan endringer være før en kan oppdage signifikante endringer på grunn av en intervensjon. Man skal likevel være forsiktig med å tolke lav CV som god reliabilitet. Ofte rapporteres CV som et gjennomsnitt av utvalgets individuelle CV'er. Den sanne variasjonen kan derfor bli underestimert (Atkinson & Nevill, 1998). Atkinson & Nevill (1998) viser eksempel på dette: den gjennomsnittlige CV'n i deres utvalg er på 7,6 %. Dette kunne vært en akseptert CV, likevel har over en tredjedel av utvalget en individuell CV på over 13 %.

Bland-Altman 95 % level of agreement ble forslått av Altman & Bland (1983) på grunn av begrensningene ved andre statistiske metoder for å beskrive reliabilitet. Fordelen med Bland-Altman 95 % level of agreement er at en kan vurdere både systematiske bias i en test og vurdere hvor stor den tilfeldige variasjonen kan være. En reliabilitetsanalyse burde gi en beskrivelse av dette (O'Donoghue, 2012). Bland-Altman 95 % level of agreement illustreres i en Bland-Altman-plot der differansen mellom test og retest plottes mot gjennomsnittsverdien av test og retest. I plottet vises gjennomsnittlig differanse og 95 % limits of agreement som viser om det er henholdsvis et systematisk bias i fra test til retest og spekteret av variasjon som kan forventes ved en eventuell ny test.

Det finnes flere andre metoder som også er blitt brukt for å undersøke reliabilitet. På grunn av oppgavens omfang vil jeg ikke utdype disse, men det henvises til blant annet Atkinson & Nevill (1998) der disse og metodene nevnt

over er beskrevet i nærmere detalj. De påpeker også at det er viktig å bruke flere statistiske metoder for å evaluere reliabiliten til tester.

2.13 Oppsummering

Man kan trygt anta at mange fysiologiske egenskaper er viktige for operatører og at i de ulike spesialoperasjonene kan alle energiomsetningssystemene og mange fysiske egenskaper utfordres.

Energisystemene bidrar ulikt ved ulike arbeidsformer. Anaerob kapasitet, som det ofte refereres til ved utmattende arbeid som varer fra 30 sekunder til 2 minutter, er en viktig egenskap for å generere stor effekt over kort tid. Fysiske egenskaper som genererer stor effekt over kortere arbeidsperioder (<2 min) og god kapasitet i disse, ser ut til å være særdeles viktige for SOF-operatører. Dette fordi det kan tenkes at når det er behov for å generere stor effekt over relativt kort tid i spesialoperasjoner er det noe kritisk i forhold til operasjonen eller SOF-operatørene selv som skal utføres (eksempelvis komme seg fra et punkt til et annet i skuddvekslinger, evakuere en såret SOF-operatør, borde et skip på kortest mulig tid i en taustige langs skutensiden, løpe raskest mulig til et ventende helikopter for å bli flydd ut av en utrygg sone etc.).

Ulike tester av anaerob kapasitet vektlegger ulike prestasjonsfaktorer som spiller en rolle for anaerob kapasitet i den enkelte testen forskjellig. En maksimal oksygenunderskuddtest på en flat tredemølle favoriserer personer med god løpsteknikk som kan føre til at disse får et uforholdsmessig godt resultat i forhold til om testen løpes i motbakke. I Wingate-testen er derimot muskelstyrke i beina en viktig faktor for å skape så stor effekt som mulig. Sykkelteknisk gode forsøkspersoner favoriseres også. På grunn av dette er det viktig å sammenligne EVAK-testen mot et bredt spekter av tester, slik at prestasjonsfaktorene i de andre testene kanskje kan belyse prestasjonsfaktorene i EVAK-testen.

Å generere en så stor effekt som mulig i absolutte verdier er viktig for operatører da størrelsen og vekten på utstyr og/eller personer de må utføre arbeid med, ofte er av betydelig vekt, men ingen av de «vanlige» anaerob kapasitetstestene bruker en ytre, stor og absolutt motstand. Derfor er ikke sikkert at å bruke «standard» anaerobe kapasitetstester (f.eks. Wingate, 300 m

eller MAOD), er riktig for SOF-operatører. EVAK-testen ble derfor utviklet for å få en mer spesifikk test for anaerob kapasitet for norske SOF-operatører.

For å validere EVAK-testen må den sammenlignes mot andre tester som involverer energisystemer som også brukes i EVAK-testen. På grunn av at det ikke finnes noen offentlig publisert fysisk arbeidskravsanalyse for norske spesialstyrker er det også viktig å se om EVAK-testen er logisk valid i forhold til hva som kan tenkes å være relevante fysiske arbeidskrav for SOF-operatører i forhold til tilgjengelig litteratur og om SOF-operatørene selv mener at testen er relevant for deres yrke.

Fysiske basisressurser som kan være viktige for å predikere prestasjonen i EVAK-testen er også viktige å belyse. Dette for å kunne si noe om hvilke egenskaper som har en innvirkning på arbeid der en må skape stor effekt over kortere tidsperioder. Disse resultatene kan hjelpe til med å skape retningslinjer for hva slags type trening SOF-operatører har behov for dersom en skal prestere bedre i slikt type arbeid.

3 Metode

3.1 Prosjektet

Denne avhandlingen er en del av et større samarbeidsprosjekt mellom NIH og Marinejegerkommandoen. Formål er å redusere skader og optimalisere operatørenes fysiske kapasitet. For å gjøre dette ble det blitt utviklet et testbatteri som de ansatte i spesialstyrken ble tilbudt å testes i to ganger hvert år over en toårsperiode. Resultatet fra testbatteriet ligger til grunn for at hver SOF-operatør får sitt eget individuelle treningsprogram i perioden mellom testene.

I testbatteriet er det en nyutviklet test som har som formål å være en "jobbspesifikk" anaerob kapasitetstest (EVAK-testen). Oppgaven omhandler denne testen i to deler. I Del I blir EVAK-testen validert som en anaerob kapasitetstest og reliabilitetstestet. Validiteten mot SOF-yrkets fysiske arbeidskrav og EVAK-testens logiske validitet i forhold til SOF-operatørenes egen oppfatning ble også vurdert i Del I. I Del II er formålet å finne ut av i hvor stor grad variansen i prestasjon i EVAK-testen kunne forklares av de fysiologiske egenskapene som fra testbatteriet i prosjektet ble vurdert som viktige i EVAK-testen.

3.2 Del I: Validitets- og reliabilitetstesting av EVAK-testen

Rekrutteringen av forsøkspersoner (FP) ble gjort via e-mail til alle studentene ved Norges idrettshøgskole (NIH) og ved å henge opp plakater på skolen. Her ble det forklart hva prosjektet handlet om og hva som var målet med prosjektet, samt mulig risiko ved å være med. FP måtte inneha følgende inklusjonskriterier:

- I. FP måtte være menn
- II. De måtte trene regelmessig, både styrke og utholdenhet
- III. Ta minst 200 kg i beinpress (protokoll forklart i "Del II" av metodekapitlet)
- IV. Hoppe minst 32 cm i svikthopp (CMJ) på kraftplattform
- V. Ikke ha noen skader

Årsaken til disse inklusjonskriteriene var at alle norske operatører er menn. I tillegg skulle FP trekke en 80 kg tung dukke i EVAK-testen (beskrevet i detalj senere), noe som mest sannsynlig fører til at en relativt god fysisk form viktig for

å klare å gjennomføre. God fysisk form var også viktig for å kunne matche SOF-operatørene i Del II, som resultatene skal ekstrapoleres til. For å sørge for dette i større grad ble det også satt et minstekrav for FP i noen av testene som ble utført på operatørene (beinpress og CMJ).

Nitten aktive, unge menn med allsidig treningsbakgrunn ble rekruttert til studien (Tabell 3.1). Alle FP var innenfor inklusjonskriteriene og bestod inklusjonstestene, med unntak av én FP. Han hoppet 0,5 cm for lavt i CMJ-testen. Jeg valgte likevel å la han bli med i avhandlingen fordi han hadde liten erfaring med hoppeøvelser og ingen av FP fikk tilvenning til CMJ-testen. Det er naturlig å tro at han ville hoppet over 32 cm ved en eventuell ny test på grunn av innlæring av teknikk. Av de 19 FP som startet studien fullførte 17 FP alle testene. En av FP trakk seg etter å ha fullført tre tester og en annen trakk seg etter fire tester på grunn av henholdsvis sykdom og skade. Skaden skjedde under 300 m løpstesten. FP hadde trolig et pågående trøtthetsbrudd som han ikke visst om. Dette førte til at han knakk tibia etter 150m inn i testen.

Det var ingen forskjell i høyde eller svikhopp mellom FP i Del I eller SOF-operatørene i Del II. SOF-operatørene veide imidlertid 5 kg mer ($p < 0.01$) enn FP i Del I.

Alle FP ble presentert med et informasjonsskriv om prosjektet og gav skriftlig samtykke om å bli med i studien (Vedlegg 1).

Tabell 3.1: Karakteristikk av FP i validerings- og reproducerbarhetsstudien. Verdiene er vist i gjennomsnitt og standard avvik.

Alder	Vekt (kg)	Høyde (cm)	Svikhopp (cm)
27,1 ±4,1	80,8 ±6,7	182,9 ± 6,1	39,4 ±5,8

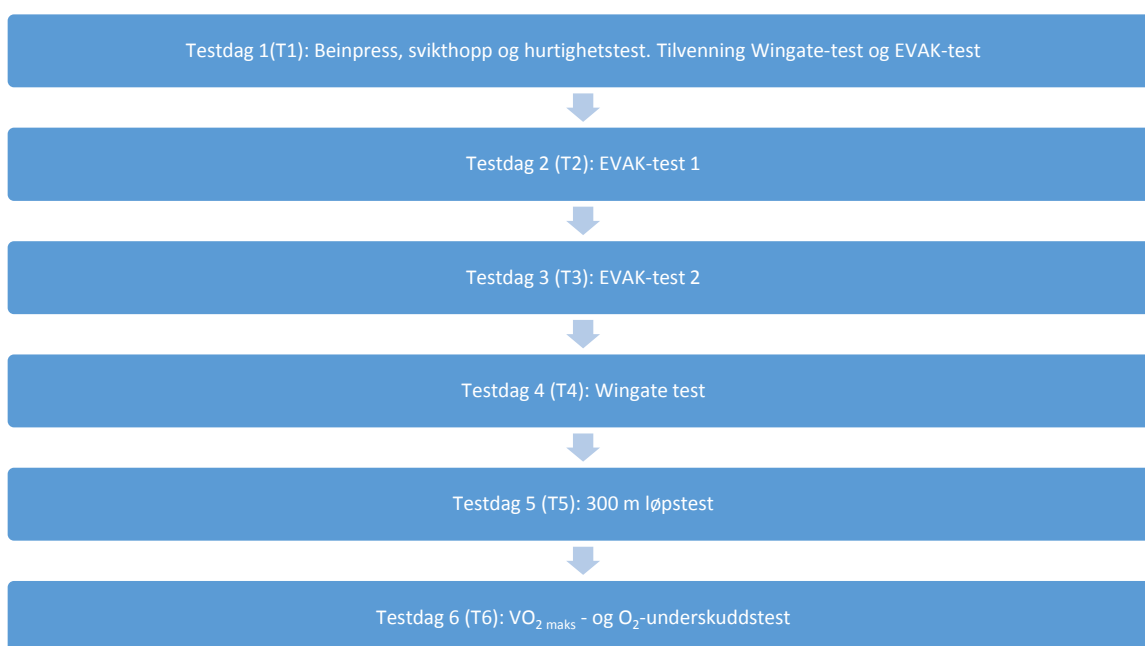
3.2.1 Studiedesign

For å teste reliabiliteten til EVAK-testen ble det brukt et test-retest design der FP gjennomførte EVAK-testen tre ganger. EVAK-testens validitet som en anaerob kapasitetstest ble vurdert ved å teste FP i henhold til "concurrent validity" begrepet. Validitet og reliabilitetstesting er utdypt i mer detalj i teori

kapittelet. Det ble brukt tre andre tester som hyppig er gjengitt i litteraturen for å måle anaerob kapasitet til sammenligning mot EVAK-testen i validitetstesting.

3.2.2 Testprotokoll

Testprotokollen var, i tillegg til EVAK-testen, en 30 sekunders Wingate-test på sykkel, 300 m løp og en oksygenunderskuddstest (MAOD). Disse blir beskrevet i detalj senere i metode kapittelet. I Figur 3.1 ser vi i hvilken rekkefølge testene ble gjort. For at FP skulle restituere seg helt mellom hver test var det minst 48 timer mellom hver test. Hver FP utførte alle testene i løpet av to uker.



Figur 3.1: Skjematisk oversikt over hvilke tester som ble utført på de ulike testdagene

3.2.3 Pilot-testing

I forkant av testingen ble det utført pilot-tester. På denne måten ble vi forsikret om at forsøkslederen var i stand til å utføre de ulike målingene korrekt og det ble sjekket at alle måleinstrumenter fungerte som de skulle. I tillegg ble det bekreftet at protokollene til hver test var gjennomførbare.

3.2.4 Mat- og væskeinntak før testene

FP ble bedt om å spise sitt siste måltid 2,5 – 3 timer før testene. I timene etter dette siste måltidet var det kun tillatt å drikke vann. For å sikre at ulikt mat og væskeinntak ikke skulle gi utslag på testene måtte FP spise og drikke det samme til hver testdag. Før hver test fylte FP ut et skjema med hva de hadde drukket og spist tidligere på dagen. FP fikk en kopi av skjemaet etter første

testdag slik at de husket dette til neste gang. I etterkant ble mat- og væskeinntaket på hver testdag sammenlignet.

3.2.5 Aktivitet og trening 48 timer før hver testdag

Det var ikke tillatt for FP å trene tung styrketrening eller høyintensitets utholdenhetstrening de siste 48 timene før hver test. De kunne derimot trene med lav intensitet. I tillegg ble FP bedt om å prøve å trene likt de siste 48 timene før hver test, i den grad det var mulig. Før hver test ble FP bedt om å fylle ut et skjema der de svarte på hva slags trening, og varighet og intensitet på denne, de siste to dagene. Dette ble gjort for å ha kontroll på treningen FP hadde utført i forkant av hver test.

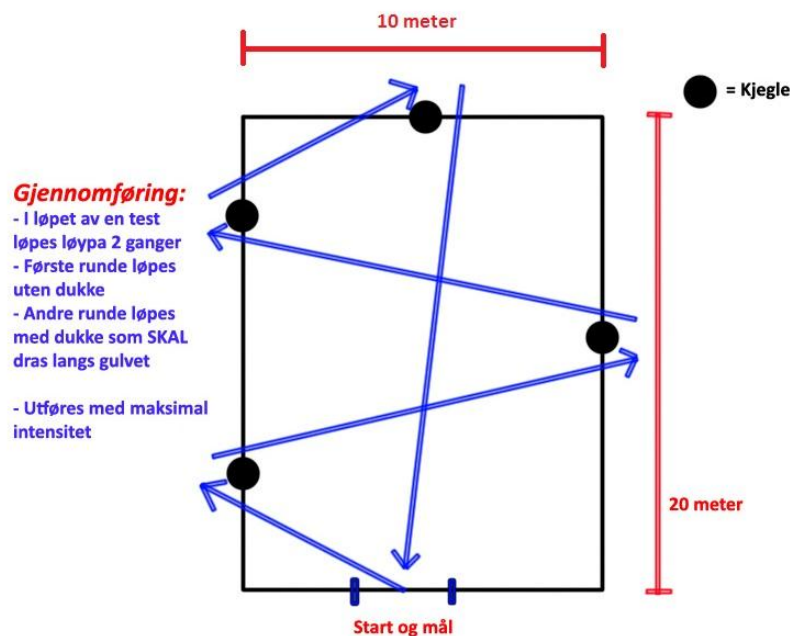
3.2.6 Testdag 1: Inklusjonstesting og tilvenning til tester

På testdag 1 gjennomførte FP beinpress og CMJ for å forsikre at de var innenfor minstekravet vi hadde satt. For å bli kjent med testene gjennomførte vi tilvenningstester på EVAK- og Wingate-testen minst en gang. EVAK-testen er en nyutviklet test i forbindelse med prosjektet (beskrevet senere) og innledende tester viste tegn til at det var en læringseffekt fra første til andre gjennomføring. Det var ikke tilvenning til 300 m løp på en separat dag, men tilvenningen ble utført som en del av oppvarmingen til selve testen. Dette var av praktiske årsaker.

3.2.7 Testdag 2 og 3: EVAK-testen

EVAK-testen går innenfor en "bane" på 10x20 m, der start og mål er på midten av den ene kortsiden (Figur 3.2). Det er plassert en kjele på venstre langside ved 5 og 15 m, og en på høyre langside ved 10 m. Kjeglen på 20 m er plassert midt mellom hver ytterkant av banen. Før gjennomføringen av testen ble FP utstyrt med en pulsklokke og pulsband (Polar RS800CX, Finland) for å måle hjerterefrekvensen (HF) under testen. HF ble lagret på klokken og senere overført til en datamaskin for analyse ved hjelp av programvaren Polar Pro Trainer.

Oppvarmingen til EVAK-testen bestod av 7 minutter rolig jogg der FP ikke skulle overstige nivå 11 på Borgs skala (Vedlegg 2). Etter dette utførte FP en rolig gjennomføring av dukketrekkingen i testen. Denne skulle virke som en skadeforbyggende del av oppvarmingen for å bli kjent med dukkens vekt. Duketrekkingen skulle her ikke overstige nivå 15 på Borgs skala.



Figur 3.2: Skjematisk oversikt over EVAK-testen

Hele EVAK-testen består av to runder i banen. Tiden (s) ble målt med Brower Speed Trap II fotoceller (Brower timing systems, Utah, USA) til nærmeste hundredels sekund. Starten gikk på FP sitt eget initiativ med den ene foten ca 30 cm bak fotocellene for ikke å aktivere fotocellene tilfeldig. FP skulle løpe sikk-sakk med maksimal intensitet mellom kjeglene. Når FP hadde passert kjeglen ved 20 m skulle FP løpe direkte ned til start/mål. På den andre runden trakk FP en dukke (Ruth Lee, London, England) som var iført platebærer (militær stridsvest med skuddsikre plater) og veide totalt 80 kg. Dukken skulle trekkes samme runden som FP først hadde løpt. Det var kun lov til å trekke dukken, ikke løfte den opp på skuldrene. Dersom FP hadde fått lov til å løfte opp dukken ville løfteteknikk og tid brukt på dette sannsynligvis sørget for en stor del av variasjonen i resultatene. Dersom FP var borti noen av kjeglene ble testen avbrutt og de måtte ta den om igjen.

Når FP var ferdig ble de bedt om å legge seg ned på en matte. Her ble blodprøver fra kapillærblod i fingrene tatt ved å stikke et lite hull i fingertuppen (Accu-Check, Safe-T-Pro Plus; Mannheim, Tyskland) for å måle

laktatkonsentrasjonen i blodet ($[La^-]$). Den første dråpen med blod ble tørket vekk for så å fylle et kapillærrør som inneholdt antikoagulerende middel, med 55 μ l blod. En pipette ble brukt til å trekke ut 20 μ l blod fra kapillærrøret og overføre blodet inn i laktatanalysatoren. For å analysere blodprøvene for $[La^-]$ ble det brukt en YSI 1500 Sport laktatanalysator (Yellow Springs California, USA). Laktatanalysatoren ble kalibrert før hver test med en 5 $mmol \cdot l^{-1}$ laktat standardvæske. Lineæriteten fra 5 $mmol \cdot l^{-1}$ laktat til høyere laktatverdier ble målt med en 15 $mmol \cdot l^{-1}$ standardvæske. YSI 1500 Sport har en målingsusikkerhet på $\pm 2 \%$ på laktatverdier fra 0 – 5 $mmol \cdot l^{-1}$ og $\pm 3 \%$ på laktatverdier mellom 5 – 15 $mmol \cdot l^{-1}$ (Stadheim, 2011). Blodprøvene ble tatt ett minutt etter testen og for hvert andre minutt inntil den høyeste $[La^-]$ var nådd. Alle verdier for $[La^-]$ ble justert ved hjelp av en utregningsformel i etterkant basert på kalibreringsverdiene og lineæriteten til 15 $mmol \cdot l^{-1}$ standardvæsken.



Figur 3.3: FP trekker dukken (venstre bilde) og blodprøver blir tatt for å måle laktatkonsentrasjonen etter testen (høyre bilde)

3.2.8 Testdag 4: Wingate-testen

Et sykkelergometer (Sport Excalibur, Lode; Nederland) ble brukt i vår Wingate-test. Programvaren LEM Wingate Test Plus ble brukt for å måle maksimal effekt og gjennomsnittlig effekt i watt (W). Dette ble lagret på en datamaskin for senere analyse. Før oppvarmingen begynte ble FP utstyrt med samme pulsmåler som i EVAK-testen og sykkelsko. FP tok plass på sykkelergometeret for å stille inn setehøyden og styret, deretter startet FP oppvarmingen. Oppvarmingen bestod av sykling på sykkelergometeret på 100 W. Etter 7 minutter rolig sykling ble FP bedt om å utføre 2 sprinter med 30 sekunders mellomrom. Varigheten på hver sprint var 5 sekunder. FP ble forklart hvordan testen ble utført underveis i oppvarmingen.

To minutter etter oppvarmingen startet testen. FP startet å sykle så fort som mulig når klokken viste at det var 3 sekunder igjen til testen startet for å komme opp i maksimal frekvens før motstanden ble påført. Her var motstanden på 100 W. Etter disse tre sekundene ble den fulle motstanden påført og selve 30-sekunderstesten startet. Normalt tar det ca. 3 sekunder å komme opp i maksimal frekvens (Inbar et al., 1996). Motstanden som ble brukt var $0,67 \text{ Nm} \cdot \text{kg}^{-1}$ kroppsvekt. Denne motstanden var fast for menn i programvaren som ble brukt. FP ble heiet på under hele testen for at de skulle klare å holde så stor innsats som mulig.

Etter testen ble FP bedt om å legge seg ned på en matte. Her ble blodprøver tatt for å finne $[\text{La}^-]$ ved samme tidspunkt og med det samme utstyret som i EVAK-testen inntil høyeste $[\text{La}^-]$ var nådd. Da høyeste $[\text{La}^-]$ var nådd kunne FP sykle ut på lett motstand om ønskelig.

Test-retestreliabiliteten til Wingate-testen er veldig bra ($r=0.91 - 0.99$) for aktive, unge voksne, militært personell og menn (Inbar et al., 1996). Dette utvalget passer godt med operatørene og forsøkspersonene i denne avhandlingen.

3.2.9 Testdag 5: 300 m løpstest

300 m løpstesten ble utført på en utendørs tartandekket 400 m løpebane ved NIH. FP møtte opp i vanlig idrettsantrekk og ble forklart testen. Deretter startet FP oppvarmingen: 7 min rolig jogg ikke over nivå 11 på Borgs skala, etterfulgt

av 3x60 m stigningsløp med 30 sekunders pause imellom. Etter 2 minutter pause utførte FP den første 300 m. Dette ble gjort på grunn av at 300 m løp er en unormal distanse å løpe så fort som mulig. Derfor kan det være vanskelig for noen å legge opp et optimalt løp uten å være kjent med distansen. Optimalt sett ville en tilvenningstest også her vært å foretrekke, men av praktiske årsaker ble ikke dette utført. Den første 300 m ble utført på omtrent 90 % subjektiv intensitet. Etter 10 min pause startet den siste og tellende 300 m.

Før testen startet ble FP utstyrt med en pulsmåler av samme type som i EVAK- og Wingate-testen. Resultatet (s) ble målt med en stoppeklokke til nærmeste tidels sekund. Dette resultatet ble omregnet til effekt (W) ved å bruke formelen: $\text{Effekt} = (\text{Kroppsvekt} \times \text{Distanse}^2) / \text{Tid}^3$ (Zagatto et al., 2009). Den totale effekten utviklet i løpet av 300 m ble deretter normalisert til løpstiden. Resultatet brukt i analysene var W/s og tid brukt på testen (s).

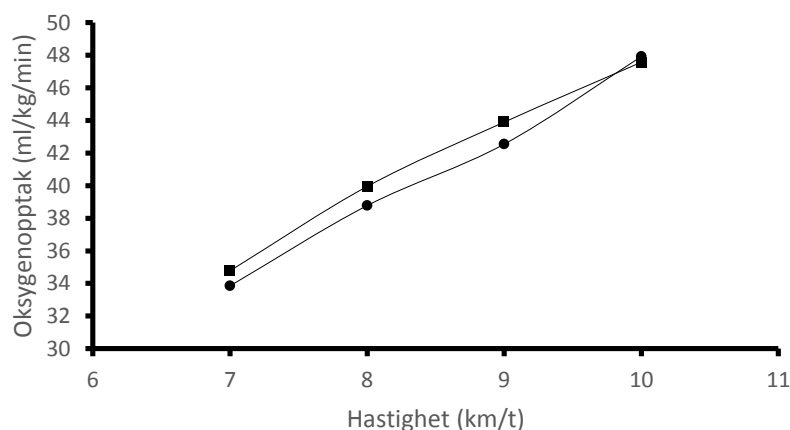
Rett etter testen ble FP bedt om å legge seg ned og laktatprøver ble tatt ved samme metode som i EVAK- og Wingate-testen for å finne høyeste $[\text{La}^-]$. Såvidt meg bekjent etter et omfattende litteratursøk finnes det ikke noen reliabilitetsdata på 300 m løpstest.

3.2.10 Testdag 6: Maksimalt oksygenopptak ($\text{VO}_{2\text{maks}}$) og oksygenunderskuddstest (MAOD; Maximal Accumulated Oxygen Deficit)

Av praktiske årsaker i forhold til tid og antall dager FP måtte komme inn til testing ble både $\text{VO}_{2\text{maks}}$ testen og MAOD-testen utført på samme dag. Før FP kom ble utstyret kalibrert. Volumberegningene ble kalibrert med en 3-liters luftpumpe. Romtemperatur og lufttrykk ble målt av en sensor koblet til datamaskinen, og O_2/CO_2 analysatoren ble kalibrert ved hjelp av en gass med kjent innhold (15 % O_2 , 6 % CO_2 , 79 % N).

Da FP møtte opp fylte han først ut kost- og treningsskjema og etter dette ble han veid og utstyrt med pulsbånd av samme type som i de tidligere testene. Vekten ble skrevet inn i programvaren som ble brukt til å analysere oksygenopptaket. FP tok plass på tredemøllen (ELG 90, Woodway, Tyskland) og fikk forklart testen.

Oppvarmingen til testen bestod av 4 intervaller på 7, 8, 9 og 10 km/t med en stigning på 5,3 %. I Figur 3.3 kan en se eksempler på hvordan det nær lineære forholdet mellom oksygenopptak og belastning på submaksimale hastigheter er. Hver intervall varte i fire minutter med en pause på 30 sekunder mellom hver. Pausen ble brukt til å øke hastigheten. I hvert av dragene måtte FP løpe med et to-veis munnstykke (Hans Rudolph Inc., USA) og neseclype fra det hadde gått to minutter til draget var slutt. Neseclypen ble brukt for å sikre at all ventilasjon gikk gjennom munnen. Munnstykket var festet til en slange som førte ned til et miksekammer (Oxycon Pro Jaeger Instr; Hoechberg, Tyskland). I miksekammeret ble all ekspirert luft kontinuerlig analysert for innhold av oksygen og karbondioksid. Volumet av ekspirasjonsluften ble målt av en turbin (TripleV volume transducer) som var festet i enden av miksekammeret. Hele systemet under ett har en måleusikkerhet på $\pm 3\%$ (Åstrand et al., 2003). Fire oksygenopptaksmålinger ble brukt fra hver oppvarmingsintervall til å finne FP sitt gjennomsnittlige oksygenopptak på de ulike hastighetene. Målingene ble tatt mellom 2 min og ut løpsdraget for hvert halve minutt. Disse ble notert ned for å kunne regne ut hvilken hastighet 115 % av VO_{2maks} for hver FP tilsvarte og hvor stort oksygenopptak denne hastigheten teoretisk kostet. Etter oppvarmingsintervallene fikk FP en pause på tre minutter før VO_{2maks} testen startet.



Figur 3.4: Eksempel på den nær lineære sammenhengen mellom oksygenopptak og belastning på to FP med i Del I, og hvordan økende belastning kan endre arbeidsøkonomien.

$VO_{2\text{maks}}$ -testen ble utført med nese-klype på og munnstykket i hele tiden. FP startet på en hastighet som forsøksleder syntes var hensiktsmessig i forhold til forventet $VO_{2\text{maks}}$ og at løpstiden skulle være i fire til seks minutter. En total løpstid før utmattelse inntreffer på fire til seks minutter er gunstig i forhold til å finne $VO_{2\text{maks}}$ (Frøyd et. al., 2005). Da FP hadde blitt forklart testen, startet han. Etter hvert minutt ble FP spurt om en eventuell fartsøkning med 1 km/t. FP ga testleder en tommel opp dersom han var rimelig sikker på at han klarte ett minutt på den neste hastigheten. Dersom FP mente at dette ikke var mulig kunne hastigheten økes med 0,5 km/t eller bli værende på den samme hastigheten. Kriteriene for at $VO_{2\text{maks}}$ var nådd var at FP løp til utmattelse, at RER-verdiene var over 1.1, og at oksygenopptaket ikke økte selv om intensiteten økte. $VO_{2\text{maks}}$ ble bestemt av gjennomsnittet av de to høyeste oksygenopptaksmålingene over ett minutt som etterfulgte hverandre. Deretter fikk FP en pause på 15 minutter før MAOD-testen startet.

Ved å bruke oksygenopptaksverdiene til FP fra oppvarmingen og $VO_{2\text{maks}}$ var det mulig å regne ut hvilken hastighet FP skulle løpe på i MAOD-testen. Denne hastigheten skulle tilsvare 115 % av $VO_{2\text{maks}}$.

Da FP skulle starte MAOD-testen ble hastigheten stilt inn og pulsklokken startet. FP fikk nese-klype og tok munnstykket i. Ved signal fra testleder startet testen. Klokken som målte tid til utmattelse og programvaren som registrerte oksygenopptaksmålingene ble startet. På den innstilte hastigheten skulle FP løpe til utmattelse. Da FP ikke klarte å løpe lenger hoppet han av tredemøllen og testleder stoppet møllen. HF og tid til utmattelse ble notert ned direkte etter testen. FP la seg ned på tredemøllen og $[La^-]$ ble målt med samme protokoll som i de tidligere testene. Da høyeste $[La^-]$ var nådd var FP ferdig og kunne gå eller jogge rolig på tredemøllen dersom det var ønskelig. En utskrift av testen med VO_2 målinger for hvert 10. sekund ble tatt vare på for å regne ut det totale oksygenunderskuddet.

Det totale oksygenunderskuddet ble regnet ut ved å ta differansen mellom oksygenopptaksmålingene gjennom hele MAOD-testen og det kalkulerte oksygenopptaket for hastigheten FP løp på.

Reliabilitetstester av MAOD-testen har vist at oksygenunderskuddet og tid til utmattelse har en variasjonskoeffisient på henholdsvis 6,8 % og 5,0 %. Intraclass korrelasjonskoeffisient var på henholdsvis 0.91 og 0.87 (Doherty et. al., 2000).

Å bruke MAOD-testen til å si noe om anaerob kapasitet er noe diskutabelt, men per dags dato ser det ut til at dette er en av de bedre metodene for å kvantifisere anaerob kapasitet (Cardinale et al., 2011). Bangsbo et al. (1990) fant i en studie på utrente menn som utførte et-beins kneekstensjoner at MAOD-testen var en god kvantitativ måling av anaerob kapasitet på små muskelgrupper der massen er kjent. I typisk helkroppsarbeid (f.eks. løp) er denne sammenhengen ikke funnet med like god metodisk sikkerhet (Bangsbo, 1998).

3.2.10 Statistikk

Alle resultatene fra "Del I" ble behandlet i programvaren SPSS og Microsoft Office Excel. For å kalkulere reliabiliteten til EVAK-testen lagde jeg Bland-Altman 95% limits of agreement-plot, en intraclass korrelasjonsanalyse (ICC) og variasjonskoeffisienten mellom resultatene fra EVAK-testene ble regnet ut, og en Repeated Measures ANOVA ble brukt til å vurdere systematisk bias. ICC-metoden som ble brukt var en Two-way-random med Absolute agreement. Absolute agreement tar høyde for systematiske avvik. For å validere EVAK-testen som en anaerob kapasitetstest ble først normalfordelingen til resultatene testet. Resultatene var ikke normalfordelte på EVAK-testen og 300 m løp. Pearson's r med og uten en uteligger som førte til skjevfordelingen, er presentert i scatterplot. For å vurdere hvor stor del ulike prestasjonsvariabler og antropometriske variabler utgjorde for prestasjonen i EVAK-testen ble en multippel lineær regressjonsanalyse brukt. One-Way Repeated Measures ANOVA ble brukt til å vurdere om det var noe forskjell mellom laktatverdiene, hjertefrekvensen og Borgs skala i de ulike testene.

3.3 Del II: (I) Hvilke fysiologiske basisressurser kan være med å forklare variansen i prestasjon i EVAK-testen i et utvalg Norske SOF-operatører?

Dataene til "Del II" av min masteroppgave ble hentet fra SOF-operatørene i prosjektet som gjennomførte hele testbatteriet i testrunde 1 og/eller 3. På grunn av at deres yrke er veldig krevende er det tidvis dårlig tilgjengelighet på SOF-operatørene. Dette førte til at det ikke var mulig å teste alle SOF-operatørene i begge testrunder. I utvalget av SOF-operatører som er med i Del II av oppgaven har noen utført alle tester både i runde 1 og 3, og noen kun på testrunde 1 eller 3. Dette valget ble tatt for å få høyest mulig antall i de statistiske analysene. Inklusjonskriteriene til FP i "Del II" ble derfor:

- I. FP var SOF-operatører
- II. FP som hadde utført hele testbatteriet i testrunde 1, 3 eller begge
- III. FP hadde utført EVAK-testen minst én gang før testrunde 3

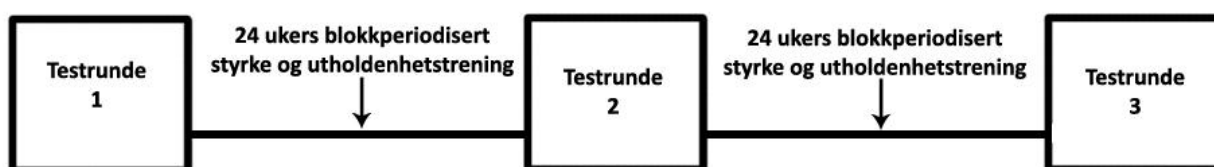
Det var 44 SOF-operatører som bestod inklusjonskriteriene. I dette hovedutvalget ble det lagt tre underutvalg: de som hadde utført hele testbatteriet i testrunde 1 og 3 ble inkludert i endringsanalysene. SOF-operatørene som kun utførte testbatteriet i testrunde 1 ble det ene utvalget i tverrsnittsanalysene og de som utførte hele testbatteriet i testrunde 3, og hadde testet EVAK-testen minst en gang før ble inkludert i det andre utvalget for tverrsnittsanalyser. Alle hadde tidligere blitt presentert med et informasjonsskriv om prosjektet og hadde gitt skriftlig samtykke for å bli med i prosjektet.

Tabell 3.2: Beskrivelse av SOF-operatørene som ble inkludert i oppgaven. Verdiene er gitt i gjennomsnitt \pm standard avvik.

Vekt (kg)	Høyde (cm)	Svikthopp (cm)
85,8 \pm 6,8	184,8 \pm 6,2	40 \pm 3,2

Etter den første testrunden startet operatørene på et omtrent 24 uker langt lineært blokkperiodisert treningsprogram. Operatørene trente en blokk på to uker styrketrening etterfulgt av to uker utholdenhetstrening. I styrketreningsblokkene ble det utført vedlikeholdstrening av utholdenhetstreningen. Vedlikeholdstrening av styrketreningen ble utført i

utholdenhetstreningblokkene. Styrkeøktene bestod i hovedsak av baseøvelser som for eksempel frontbøy, markløft, benkpress og hangups, med støtteøvelser spesielt rettet mot rygg og skuldre. De trente 5-6 ganger per uke med fokus på sin dårligste egenskap to ganger i uken.



Figur 3.5: Tidslinjen for testing og trening i prosjektet

3.3.1 Testprotokoll

Testprotokollen til treningsprosjektet på SOF-operatørene var delt inn i to. Den ene protokollen ble utført i leir i første testrunde. En til to tester ble da utført før fellestreninger i løpet av en måned som var planlagt som "testmåned". Den andre testprotokollen ble utført på NIH i løpet av de planlagte testmånedene. SOF-operatørene ble bedt om ikke å utføre intensiv fysisk aktivitet dagen før testene, både når de skulle utføre tester i leir og på NIH. Da SOF-operatørene skulle utføre testing på NIH måtte de møte fastende. Etter at blodprøvene og InBody testen var tatt (forklart seinere i metodekapittelet) fikk de spist frokost ved NIH før videre testing ble utført. Testene som ble brukt i denne oppgaven var tester som på forhånd ble vurdert som relevante i forhold til prestasjonen i EVAK-testen. Videre i metodekapittelet blir kun testene som inngår i oppgavens resultater og analyser beskrevet.

3.3.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

VO_{2maks} testen ble utført på en tredemølle (ELG 90,Woodway, Tyskland). Testen ble utført med 5,3 % stigning og starthastigheten ble basert på FP forrige 3000m tid (>12 min = 10 km/t, 11 – 12 min = 11 km/t, <11 min = 12 km/t). SOF-operatørene varmet først opp. Da de var varme ble de utstyrt med pulsmåler (Polar, Finland). VO_{2maks} -testen ble gjort etter samme protokoll som i Del I.

Etter omtrent 3 minutter ble det tatt en laktatprøve av kapillærblod i fingeren. Denne prøven ble gjort etter samme metode og med det samme utstyret som i testene i Del I. For at testen skulle bli regnet som en valid VO_{2maks} test måtte FP ha en $[La^-]$ på over $7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ og en RER på over 1.1.

Reliabiliteten for maksimalt oksygenopptakstester utført i laboratorier er blitt vist å være god. Froelicher et al. (1974) viste en CV på 4,4 % i en lignende protokoll som utført i dette prosjektet. Måleusikkerheten til hele analysatorsystemet som er brukt er $\pm 3 \%$ (Åstrand et al., 2003).

3.3.3 Svikhopp (countermovement jump; CMJ)

CMJ ble utført på en mobil kraftplattform (HUR, Finland) koblet til en datamaskin. Programvaren HUR Labs Software Suite ble brukt til å regne ut hopp høyden og maksimal effekt. Det ble først utført en "nullkalibrering" av kraftplattformen uten noen tyngde på kraftplattformen. Deretter stilte operatøren seg på kraftplattformen og stod helt stille for å måle operatørens vekt.

Kraftplattformen og programvaren var da klar til å utføre testen. Testlederen forklarte så hvordan operatøren skulle utføre et CMJ: Operatøren skulle stå med skulderbreddes avstand mellom beina og armene skulle hele tiden være festet til hoftene. På signal fra testlederen utførte operatøren et CMJ ved å svikte i beina ned til ønsket dybde for så å hoppe så høyt som mulig.

Programvaren regnet ut hopp høyden med impulsmetoden. Dette ble lagret på datamaskinen. FP fikk tre forsøk og det høyeste hoppet ble tellende resultat.

Enoksen et al. (2009) har vist at å teste CMJ på kraftplattform har en veldig god reliabilitet (Bland-Altman's 95 % limits of agreement: $\pm 1 \%$, gjennomsnittlig forskjell mellom test og retest: 0,4 %).

3.3.4 Isokinetiske målinger

Først varmet FP opp ved å sykle 5 min på ergometersykkel med en belastning på 100 W. Deretter ble FP stroppet fast i dynamometeret (REV-9000, Technogym, Gambetola, Italia) og utførte spesifikk oppvarming. Denne var fire serier med økende intensitet. I hver serie utførte de fire repetisjoner kneekstensjon direkte inn i en knefleksjon med en hastighet på $60 \text{ }^\circ/\text{s}$. En pause på 30 sekunder fulgte det siste oppvarmingssettet før testingen startet. Deretter utførte FP tre kneekstensjoner med maksimal kraft. FP fikk 30 sekunder pause

før de utførte tre knefleksjoner med maksimal kraft. Vinkelhastigheten ved alle maksimale kontraksjoner var 60 °/s. Etter at protokollen var utført på det ene beinet ble den samme utført på det andre beinet. Resultatet var det maksimale momentet (Nm) i hvert bein.

Ved testing av maksimale isokinetiske kneekstensjon/fleksjoner har REV 9000 vist en intraclass korrelasjonskoeffisient på 0.98 (Delecluse et al.,2005).



Figur 3.6: En FP blir gjort klar til å utføre isokinetiske målinger

3.3.5 Kroppssammensetning; analyse av fettmasse og muskelmasse

FP sin muskelmasse ble kvantifisert med en InBody720, som ved hjelp av bioelektrisk motstand analyserer kroppssammensetningen. FP stilte seg i korrekt posisjon på maskinen så vekten ble målt. Deretter skrev testleder inn høyde og alder. Så tok FP tak i håndtakene og analysen ble gjennomført. Resultatet ble skrevet ut fra en printer.

I testrunde 3 ble også total fettfri masse analysert med Dual-energy X-ray absorptiometri (DXA). DXA vurderes som en nøyaktig metode for å måle kroppssammensetning og brukes ofte som en «gullstandard» andre målemetoder måles opp mot (Holtberget, 2010)

CV av målinger av fettfri masse på Inbody 720 og DXA har blitt vist å være henholdsvis 1,6 % og 1,1 % (Tofte & Walle, 2013).



Figur 3.7: Forsøksleder gjør klar FP til å måle kroppssammensetningen på InBody 720

3.3.6 1RM Beinpress

FP startet alle løft i nedre posisjon med en vinkel i kneleddet og hofteleddet på henholdsvis ca 80° og ca 55°. Et løft ble godkjent ved å presse platen fra nedre posisjon og helt opp til bein var strake. Rumpa skulle være i kontakt med setet under hele løftet.

Vinkelen i hofte- og kneleddet ble målt inn før løftene startet. FP satt seg inn i beinpressapparatet med rumpa ned i setet og føttene plassert på pressplaten med tærne helt inntil øvre kant. Fra den posisjonen ble det brukt en vinkelmåler til å finne 90° i kneleddet ved å skyve platen opp eller ned. Platen ble holdt på plass ved at plank med ulik lengde ble plassert i sporet som leder pressplaten i apparatet opp og ned. Da 90° i kneleddet var funnet ble tærne ført ned slik at de var på linje med knærne. I de fleste tilfeller ble vinkelen i kneleddet målt til ca. 80° etter at tærne var ført ned til å være på linje med knærne. Vinkelen i kneet var godkjent dersom den var innenfor 78 - 82°. Dersom dette ikke var tilfellet ble

planken som først var satt inn i sporet til apparatet for å holde pressplaten stille byttet ut med en lengre eller kortere, avhengig av om vi måtte justere vinkelen opp eller ned. Vinkelen i knelleddet ble målt mellom malleolus lateralis og trochanter major ved å sette midtpunktet i vinkelmåleren på epicondylus lateralis på femur. Vinkelen i hoftelddet ble målt mellom epicondylus lateralis på femur og kroppens parallell til ryggstøtten ved å sette midtpunktet i vinkelmåleren på trochanter major.

Da vinkelen var justert inn og målt startet testen med tre oppvarmingssett. Belastningen på disse tre settene ble standardisert til 100 kg, 150 kg og 200 kg. Repetisjonene i oppvarmingssettene var henholdsvis 10, 6 og 3 repetisjoner. Deretter utførte FP en og en repetisjon inntil 1RM ble funnet. Pausene mellom settene var 1 minutt. Økningen i belastningen ble gjort etter testleder sitt skjønn og 1RM ble målt til nærmeste 10 kg. Dersom økningen fra forrige sett var ≥ 20 kg og FP ikke klarte den repetisjonen kunne FP velge å gå ned i belastning.

I forkant av prosjektet ble reliabiliteten til denne protokollen testet ut på seks forsøkspersoner. De møtte opp to ganger i løpet av en uke og gjennomførte protokollen. En variasjonskoeffisient på 1,3 % ble funnet. Hollander et. al. (2007) har vist en test-retest korrelasjonskoeffisient på $r=0.99$ på menn og kvinner i beinpress.



Figur 3.8: FP blir justert inn i beinpressmaskinen slik at vinklene i hofte og kneledd er korrekte i løftet

3.3.7 Spørreskjema

Fordi det er mye hemmelighet rundt spesialstyrker og fysiske arbeidskrav rundt dette er vanskelig å svare helt konkret på var det behov for å få SOF-operatørens egen mening om testen. De ble derfor spurt om to spørsmål angående behovet for en test som EVAK-testen, både som arbeidsform og spesifisitet i forhold til simulert testsituasjon, og hva de følte begrenset prestasjonen deres. Figur 3.8 viser spørreskjemaet som SOF-operatørene svarte på.

3.3.8 Statistikk

Alle data ble behandlet i programvaren Microsoft Excel og SPSS. Parrede T-tester ble brukt for å vurdere endringen fra testrunde 1 til testrunde 3. Sammenhengen mellom EVAK-testen og de enkelte andre testene ble vurdert

med Pearssons' r og standard multippel lineær regresjon ble brukt for å se om det var mulig å forklare variansen i EVAK-testen med noen av de andre enkelttestene.

Spørreskjema etter evakuerings-test				
FP#: <input style="width: 95%;" type="text"/>				
I hvor stor grad føler du at evakueringstesten er en relevant test for deg som operatør? Vurder både fysiske egenskaper og situasjonen testen speiler (sett kryss under kategorien som passer)				
Svært liten grad	Liten grad	Noen grad	Stor grad	Svært stor grad
Hva følte du hemmet deg mest under gjennomføringen av testen?				
Pusten	Styrken	Hurtigheten	Melkesyren i beina	
Andre ting: <input style="width: 95%;" type="text"/>				

Figur 3.9: Illustrasjon av spørreskjemaet SOF-operatørene svarte på.

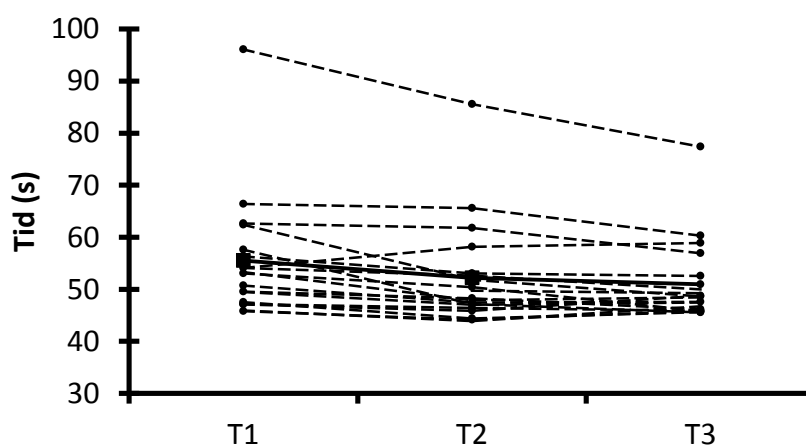
4 Resultater

4.1 Del I

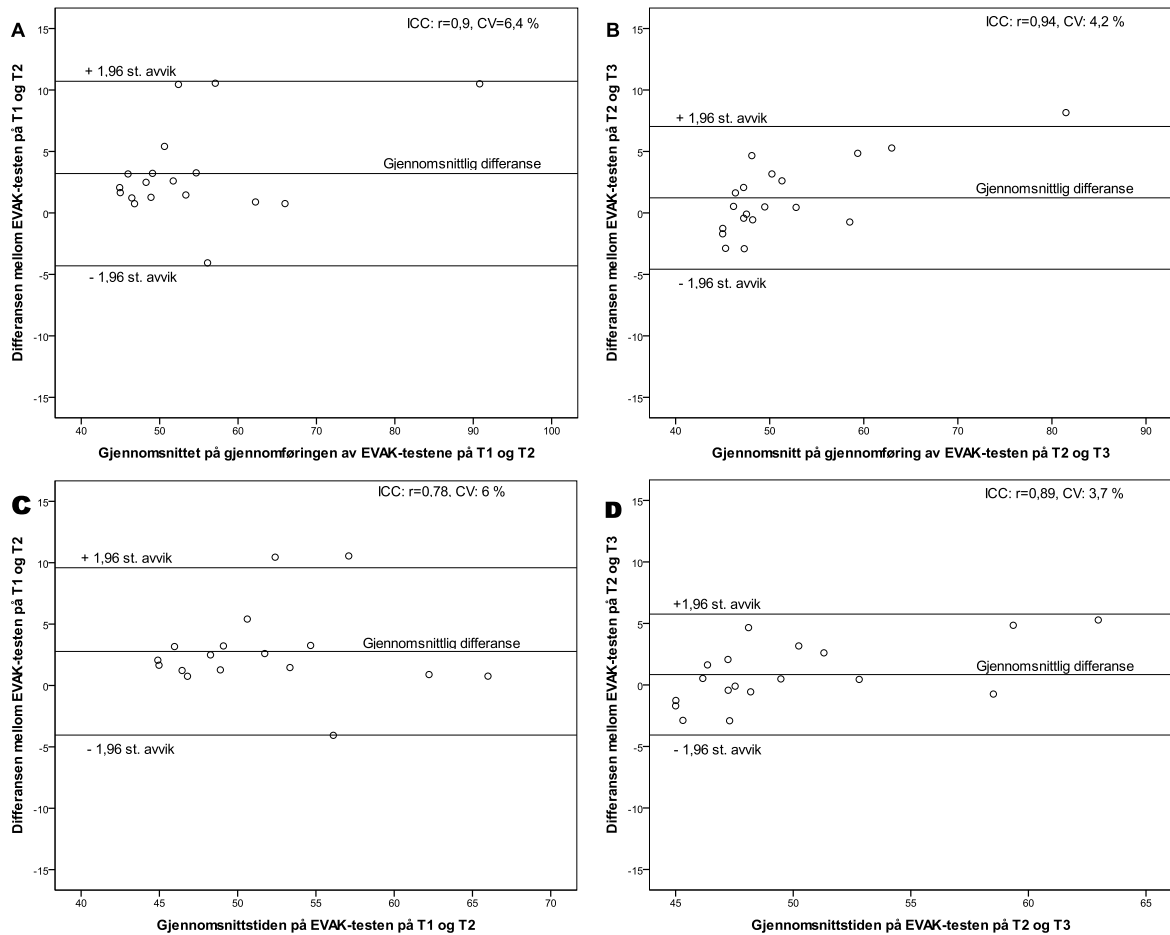
4.1.1 EVAK-test

FP brukte $3,2 \pm 3,8$ og $4,5 \pm 5,7$ sekunder mindre på å gjennomføre EVAK-testen på henholdsvis testdag 2 (T2) og testdag 3 (T3) i forhold til testdag 1 (T1). En One-way Repeated Measures ANOVA viste at tidene oppnådd på T2 og T3 var lavere enn på T1 (henholdsvis $p < 0.01$ og $p = 0.01$), men det var ingen forskjell mellom T2 og T3 ($p = 0.29$). Tabell 4.1 og Figur 4.1 viser totaltidene på gjennomføringen av EVAK-testen på de ulike testdagene.

Variasjonskoeffisienten (CV) fra T1 til T2 og fra T2 til T3 var henholdsvis 6,4 % og 4,3 %. Uten uteligger var CV'en henholdsvis 6,0 og 3,7 %. Intraclass correlation coefficient (ICC) viste signifikant korrelasjon mellom prestasjonen i T1 og T2 ($r = 0.90$, 95% konfidensintervaller = 0.57 – 0.97, $p < 0.01$) og i T2 og T3 ($r = 0.94$, 95 % konfidensintervaller = 0.84 – 0.98, $p < 0.01$). Uten uteliggeren ble ICC-koeffisienten redusert til $r = 0.78$ (95 % konfidensintervaller: 0.3 – 0.93, $p < 0.01$) og $r = 0.89$ (95 % konfidensintervaller: 0.72 – 0.96, $p < 0.01$) fra henholdsvis T1 til T2 og T2 til T3. I Figur 5.2A, B, C og D kan vi se Bland-altmann plot av henholdsvis T1 til T2, T2 til T3, T1 til T2 uten uteligger og T2 til T3 uten uteligger.



Figur 4.1: Tid på gjennomføring av EVAK-testen på de ulike testdagene for hver enkelt forsøksperson (stiplet linje) og gjennomsnittet (heltrukket linje).



Figur 4.2: Bland-Altman plot av EVAK-testen på T1 og T2 med og uten uteliggeren (A og C), og T2 og T3 med og uten uteliggeren (B og D).

Den høyeste laktatkonsentrasjonen i blodet ($[La^-]_{peak}$) var $9,7 \pm 1,9 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ og $9,7 \pm 1,7 \text{ mmol} \cdot l^{-1}$ for henholdsvis T2 og T3. Maksimal hjerterefrekvens oppnådd (HF_{peak}) ble målt til $185 \pm 6 \text{ slag} \cdot \text{min}^{-1}$ på T2 og 184 ± 7 på T3. På T2 og T3 ble subjektiv grad av anstrengelse målt på Borg's skala vurdert til henholdsvis 18 ± 1 og 18 ± 1 (Tabell 5.1).

Tabell 4.1: Prestasjon målt i tid på å gjennomføre testen, høyestes oppnådde hjerterefrekvens (HF_{peak}), og laktatkonsentrasjon i blod ($[La^-]_{peak}$) og subjektiv grad av anstrengelse gitt på en Borgs skala under EVAK-testen på de tre testdagene. Verdiene er vist i gjennomsnitt \pm standard avvik.

Variabel	T1	T2	T3
	Gj.snitt \pm std. avvik	Gj.snitt \pm std. avvik	Gj.snitt \pm std. avvik
Tid (s)	$55,5 \pm 11,8$	$52,2 \pm 10,0$	$50,9 \pm 7,9$
HF_{peak} ($\text{slag} \cdot \text{min}^{-1}$)	Ikke målt	185 ± 6	184 ± 7
$[La^-]_{peak}$ ($\text{mmol} \cdot l^{-1}$)	Ikke målt	$9,7 \pm 1,9$	$9,7 \pm 1,7$
Borgs skala	Ikke målt	18 ± 1	18 ± 1

4.1.2 Wingate-test

Gjennomsnittlig effekt på 30 sekunder maksimal sykling var 777 ± 76 watt (W) og maksimal effekt var 989 ± 114 W på Wingate testen (Tabell 4.2). Etter Wingate-testen var $[La^-]_{peak}$ $10,1 \pm 2,0$ mmol \cdot l $^{-1}$, HF_{peak} 178 ± 8 slag \cdot min $^{-1}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala 17 ± 1 (Tabell 4.2).

Tabell 4.2: Oversikt over prestasjonsvariablene (gjennomsnittlig og maksimalt effekt), HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala på Wingate-testen

Variabel	Gj.snitt \pm std. avvik
Gjennomsnittlig effekt (W)	777 ± 76
Maksimal effekt (W)	989 ± 114
HF_{peak} (slag \cdot min $^{-1}$)	178 ± 8
$[La^-]_{peak}$ (mmol \cdot l $^{-1}$)	$10,1 \pm 2,0$
Borgs skala	17 ± 1

4.1.3 300 m løp

På 300 m løp brukte FP $45,5 \pm 2,7$ sekunder og produserte 1738 ± 404 W/s (Tabell 4.3). $[La^-]_{peak}$ etter testen var $10,3 \pm 2,3$ mmol \cdot l $^{-1}$, HF_{peak} under testen var 185 ± 6 slag \cdot min $^{-1}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala 18 ± 1 (Tabell 4.3).

Tabell 4.3: Prestasjon målt i tid, HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala på 300m løp

Variabel	Gj. Snitt \pm std. avvik
Tid (s)	$45,5 \pm 2,7$
Effektutvikling per sekund (W/s)	1738 ± 404
HF_{peak} (slag \cdot min $^{-1}$)	$184,5 \pm 5,8$
$[La^-]_{peak}$ (mmol \cdot l $^{-1}$)	$10,3 \pm 2,3$
Borgs skala	18 ± 1

4.1.4 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) og Oksygenunderskuddstest (MAOD)

VO_{2maks} ble målt til $63,5 \pm 3,8$ ml \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$ og 5090 ± 430 ml \cdot min $^{-1}$ (Tabell 4.4). Tid til utmattelse på MAOD-testen var 164 ± 46 sekunder og oksygenunderskuddet ble regnet ut til å være 4560 ml ± 1140 (Tabell 4.4). $[La^-]_{peak}$ etter testen var $10,4 \pm 2,0$ mmol \cdot l $^{-1}$, HF_{peak} under testen var 186 ± 7 slag \cdot min $^{-1}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala ble oppgitt til 18 ± 1 (Tabell 4.4) på MAOD-testen.

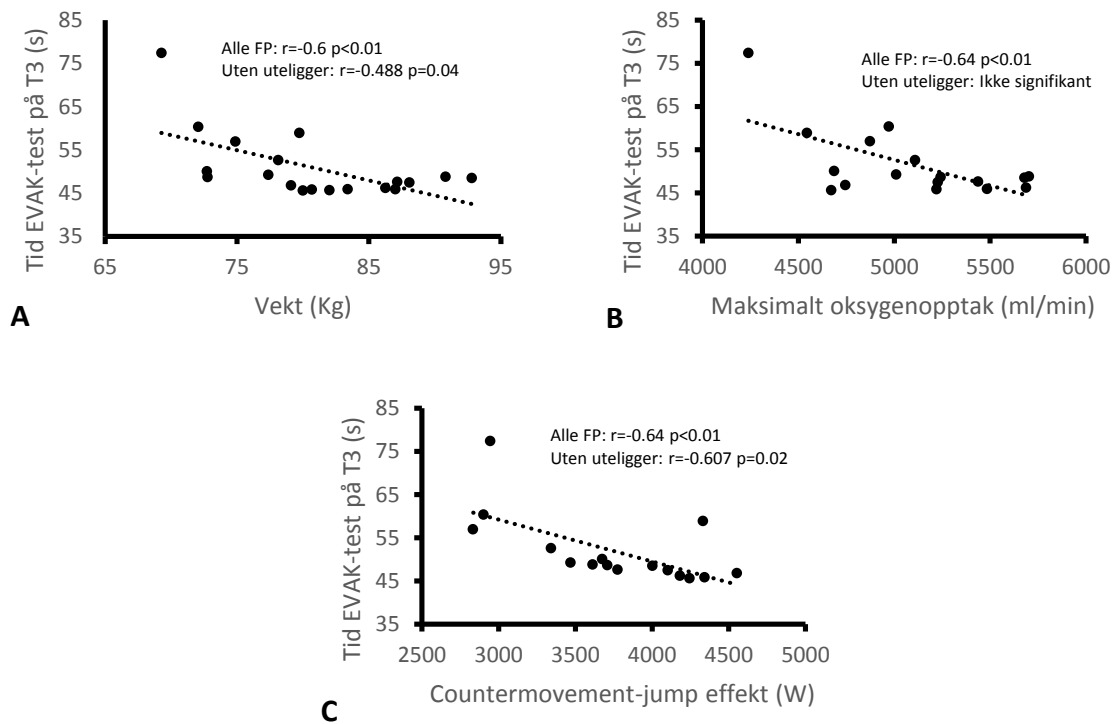
Tabell 4.4: Oversikt over prestasjonsvariablene (tid til utmattelse, oksygenunderskudd) VO_{2maks} , HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og Borgs skala på VO_{2maks} -testen og MAOD-testen

Variabel	Gj.snitt \pm std. avvik
Tid til utmattelse (s)	163,6 \pm 45,7
Oksygenunderskudd (ml)	4559,6 \pm 1139,7
VO_{2maks} (ml*min ⁻¹ *kg ⁻¹)	63,5 \pm 3,8
VO_{2maks} (ml*min ⁻¹)	5089,7 \pm 429,9
HF_{peak} (slag*min ⁻¹)	186 \pm 7
$[La^-]_{peak}$ (mmol*l ⁻¹)	10,4 \pm 2,0
Borgs skala	18 \pm 1

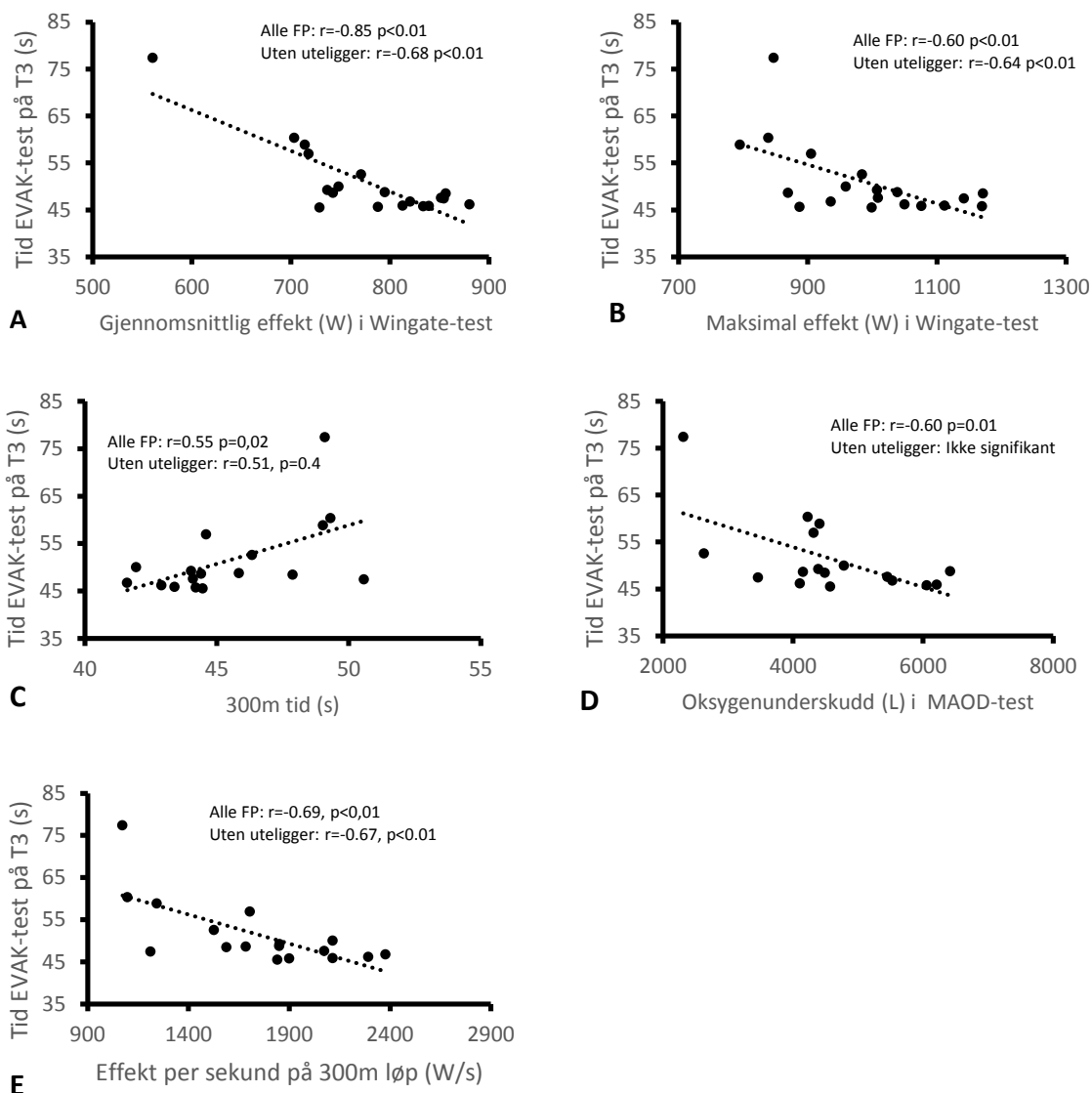
4.1.5 Sammenhengen mellom FP-karakteristika, inklusjonstestene og prestasjonsvariablene i de ulike testene og betydningen av de ulike variablene

Det var en signifikant sammenheng mellom EVAK-testen og vekt ($r=-0.60$), maksimalt oksygenopptak ($r=-0.64$), effekt i countermovement-jump ($r=0.64$), gjennomsnittlig effekt ($r=-0.85$) og maksimal effekt i Wingate-testen ($r=0.60$), oksygenunderskudd i liter på MAOD-testen ($r=0.60$), tid på 300m løp ($r=0.55$) og effektutvikling per sekund på 300m løp ($r=-0.69$). Den signifikante sammenhengen mellom EVAK-testen og maksimalt oksygenopptak og maksimalt oksygenunderskudd ble borte dersom uteliggeren ble tatt ut av datasettet. De andre variablene var relativt uforandret dersom uteliggeren ble tatt ut, med unntak av vekt og gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen som ble noe redusert (Figur 4.3 og 4.4). En lineær regresjonsanalyse ble brukt for å predikere variansen i prestasjon i EVAK-testen. Den beste modellen forklarte 81 % av variansen i EVAK-testen på T3 ($F=29.5$, $p<0.01$, $R^2=0.81$). Variablene som ble inkludert i modellen var gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen ($\beta=-0.75$) og 300m løpstid ($\beta=0.32$). Uten uteligger var tilsvarende funn 65 % ($F=12.1$, $p<0.01$, $R^2=0.65$). $\beta=-0.630$ og $\beta=0.435$ for henholdsvis gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen og 300m løpstid.

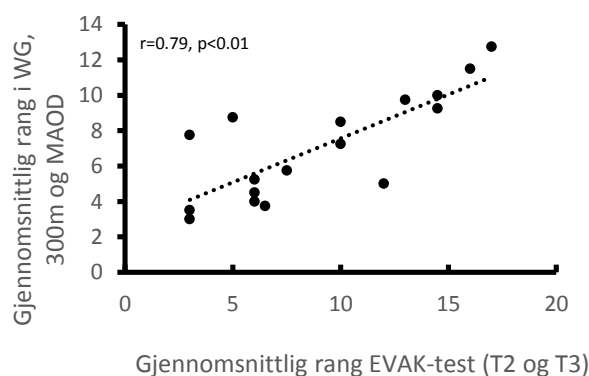
Det var en god sammenheng mellom gjennomsnittlig rang i Wingate-testen, 300m løp og MAOD-testen, og gjennomsnittlig rang i EVAK-testen på T2 og T3 ($r=0.79$, $p<0.01$; Figur 4.5)



Figur 4.3: Sammenhengen mellom prestasjon i EVAK-testen på T3 og vekt (A), maksimalt oksygenopptak målt i milliliter (B) og produsert effekt i countermovement-jump (C)



Figur 4.4: Scatterplot og sammenhengen mellom EVAK-testen på T3 og prestasjonsvariablene i Wingate testen (A og B), 300m løp (C), MAOD-testen (D) og effektutvikling per sekund på 300m løp (E).

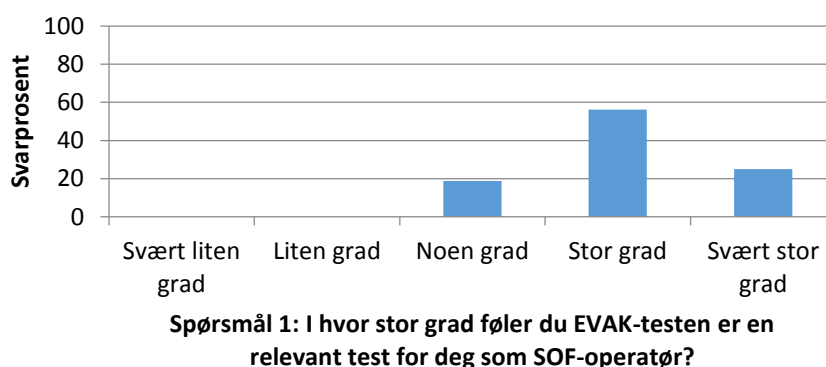


Figur 4.5: Gjennomsnittlig rang i gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen (WG), 300m løp (300m) og oksygenunderskuddstesten (MAOD) mot gjennomsnittlig rang i EVAK-testen på T2 og T3.

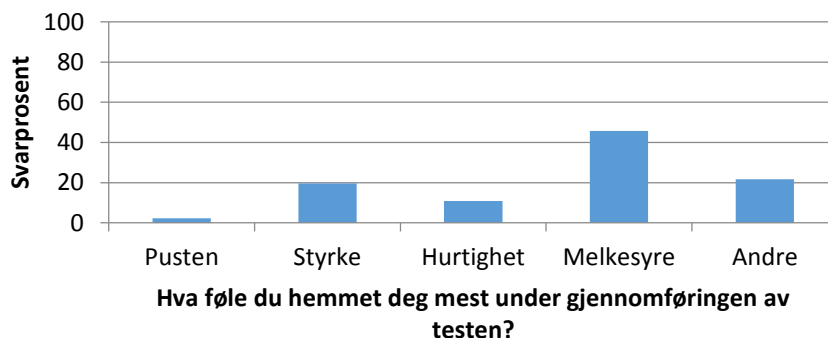
4.1.6 Forskjeller i laktatkonsentrasjon i blod, hjerterefrekvens og Borgs' skala
 En One-way Repeated Measures ANOVA viste ingen forskjell i $[La^-]_{peak}$ mellom de ulike testene. HF_{peak} var lavere under Wingate-testen sammenlignet med alle andre tester ($p < 0.01$) og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala var lavere på Wingate-testen sammenlignet med 300m løp ($p < 0.01$).

4.1.7 SOF-operatørenes egen mening om relevansen av EVAK-testens spesifikke testsituasjon og av dens generelle arbeidsform

Figur 4.6 viser hva SOF-operatørene selv mente om EVAK-testen i forhold til arbeidsform og den spesifikke testsituasjonen ved å evakuere en person. 81 % av SOF-operatørene mente testen i «svært stor» eller «stor grad» er relevant. Både i forhold til spesifikk testsituasjon og arbeidsform. 19 % mente den var relevant i «noen grad». I Figur 4.7 ser vi hva at det var opphopning av laktat og følelsen av melkesyre i beina som fikk høyest score i forhold til hva de følte begrenset deres prestasjon.



Figur 4.7: Oppfattelsen av EVAK-testen fra SOF-operatørene, som arbeidsform og spesifikk test-situasjon



Figur 4.6: Oppsummering av hva SOF-operatørene selv følte hemmet dem under gjennomføringen av EVAK-testen.

4.2 Del II

4.2.1 Endringer i fysiske tester og EVAK-testen

Det var kun prestasjonen i EVAK-testen og muskelmasse som var signifikant forskjellig fra pre- til post-testene (Tabell 4.5). Muskelmasse økte fra 41,5 ±3,8 til 42,3 ±3,2 kg (p=0.01) og SOF-operatørene bedret tiden på EVAK-testen fra 48,1 ±4,6 til 44,4 ±3,0 sekunder (p=0.01). Det var ingen sammenheng mellom endring i prestasjon i EVAK-testen og endring i de enkeltfysiologiske variablene (Vedlegg 3). Scatterplottet i Figur 4.8 viser at SOF-operatørene som hadde størst fremgang i EVAK-testen også presterte dårligst i EVAK-testen ved pretestene.

Tabell 4.5: Pre- og post test verdier for EVAK-test, beinpress, isokinetisk kneekstensjon, maksimal effekt i svikthopp (CMJ), maksimalt oksygenopptak, vekt og muskelmasse.

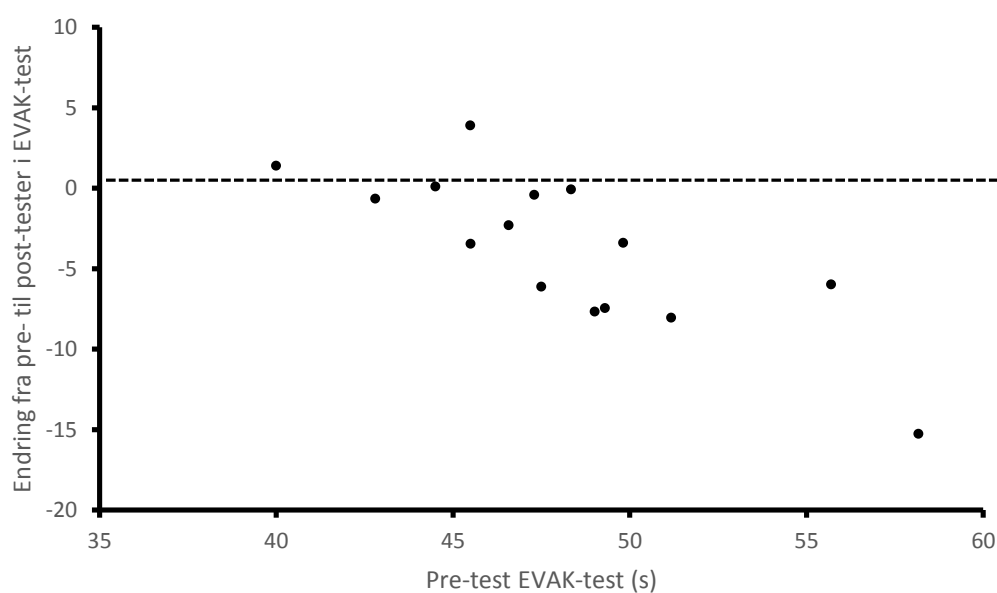
	Pretest ±Std. avvik	Post-test ±Std. avvik	Endring ±Std. avvik	p
EVAK-test (s)	48,1 ±4,6	44,4 ±3,0	-3,7 ±4,8	0,01
Beinpress (kg)	298,0 ±46,9	296,3 ±35,0	-1,7 ±20,5	-
Isokinetisk ekstensjon, høyre bein (Nm)	227,9 ±33,8	231,4 ±37,0	3,6 ±29,4	-
Isokinetisk ekstensjon, venstre bein (Nm)	231,9 ±30,9	228,0 ±24,1	-3,9 ±25,0	-
CMJ, maksimal effekt (W)	4097 ±538	4104 ±457	7,4 ±233,5	-
Maksimalt oksygenopptak (ml)	4976 ±382	4910 ±367	65,5 ±224,7	-
Vekt (kg)	82,2 ±6,9	81,5 ±6,4	-0,8 ±1,7	-
Muskelmasse (kg)	41,5 ±3,8	42,3 ±3,2	0,8 ±1,1	0,01

4.2.2 Sammenhengen mellom prestasjon i EVAK-testen og enkeltfysiologiske variabler

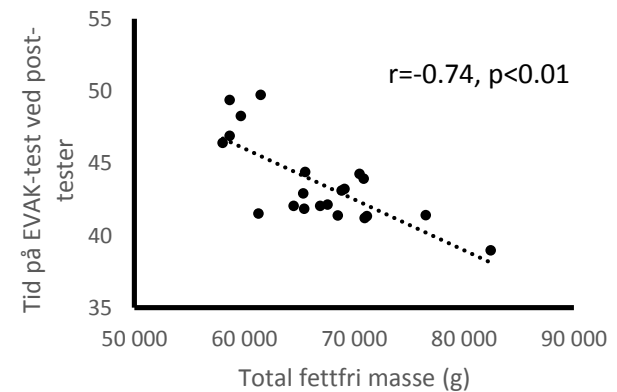
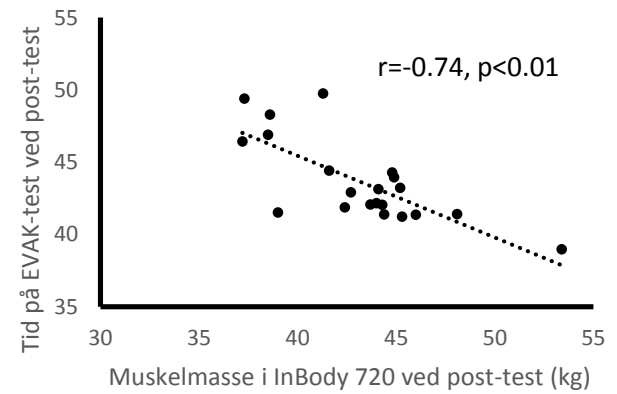
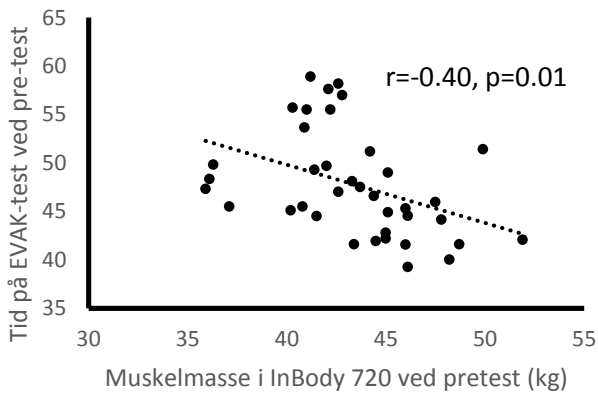
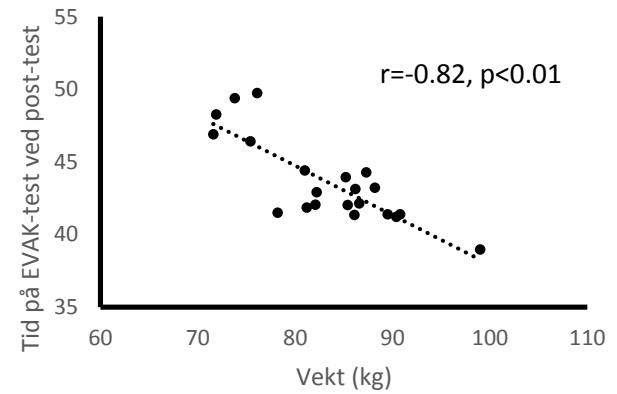
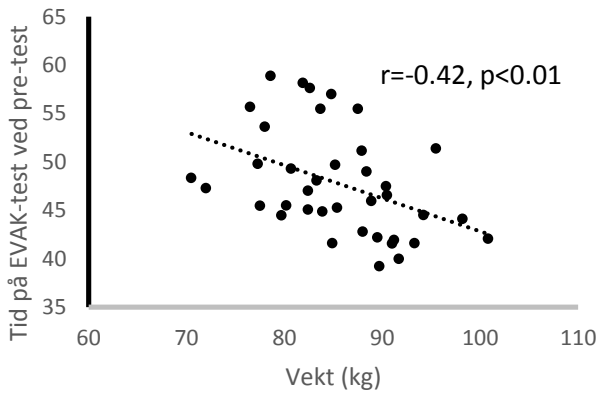
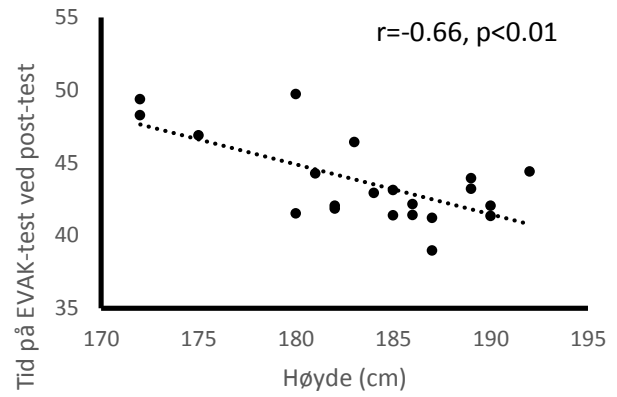
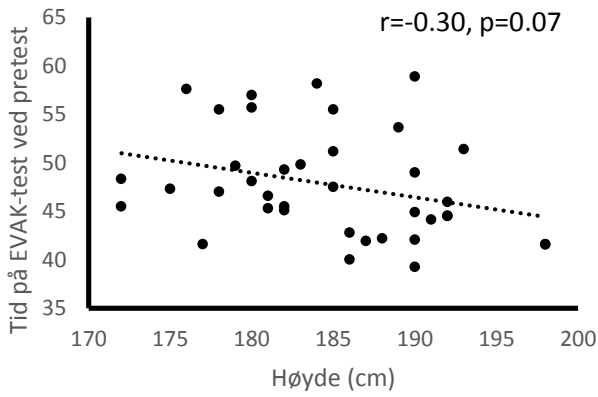
I scatterplottene i Figur 4.9 vises sammenhengen mellom EVAK-testen og antropometriske data fra pre- og posttestene. I Figur 4.10, sammenhengen mellom EVAK-testen og testresultatene i beinpress, isokinetisk ekstensjonsstyrke i venstre bein, maksimalt oksygenopptak og maksimal effekt i CMJ. Tid brukt på EVAK-testen var signifikant korrelert med vekt (r=-0.42), muskelmasse målt i Inbody 720 (r=-0.40), isokinetisk ekstensjonsstyrke i venstre bein (r=-0.34), maksimalt oksygenopptak (ml/min; r=-0.40), maksimal effektutvikling i CMJ (r=-0.50) og beinpress (r=-0.42) i pretestene. Ved post-testene viste de samme variablene signifikant sammenheng med EVAK-testen

(henholdsvis $r=-0.82$, -0.74 , -0.58 , -0.72 , -0.56) med unntak av beinpress. Beinpress hadde lik korrelasjonskoeffisient, men viste kun en tendens til sammenheng ($p=0.06$). I tillegg var høyde korrelert med EVAK-testen ved post-testene ($r=-0.66$). Total fettfri masse målt i DXA, som ikke ble målt på pretestene, viste også en god sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen ($r=-0.70$). Alle andre korrelasjonsanalyser som ble utført kan ses i Vedlegg 3.

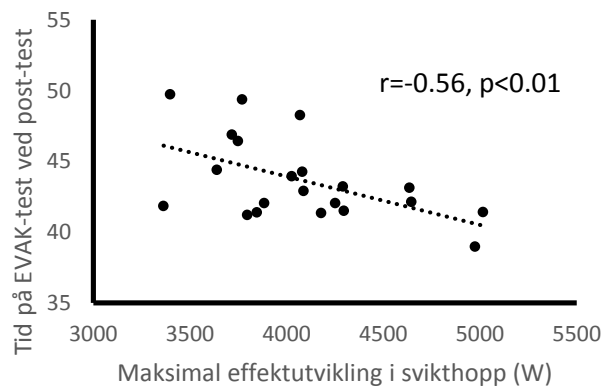
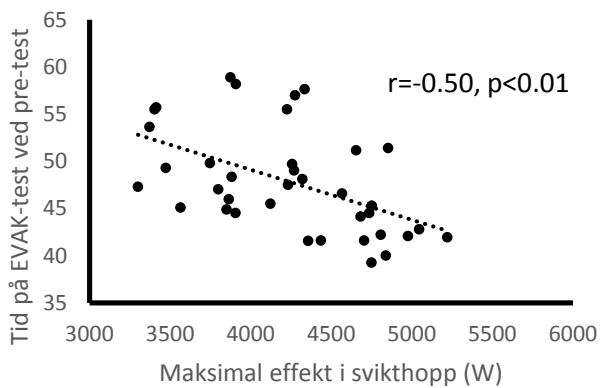
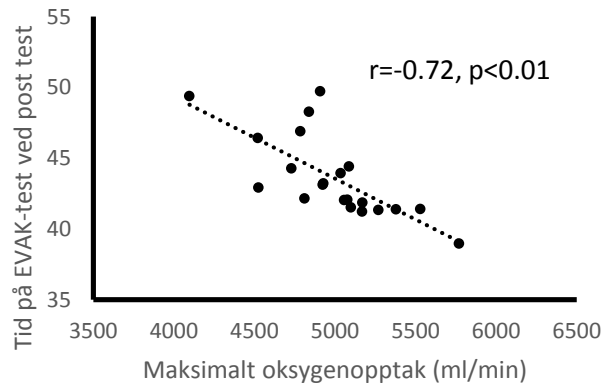
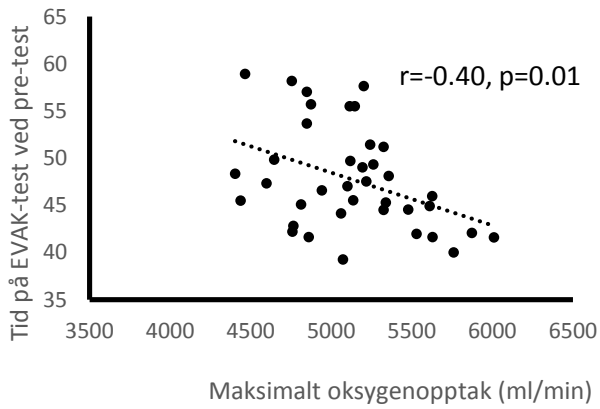
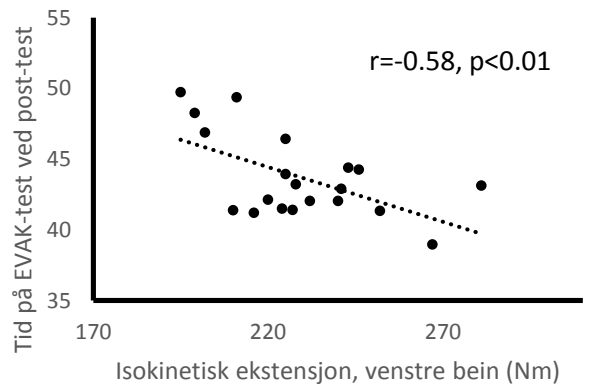
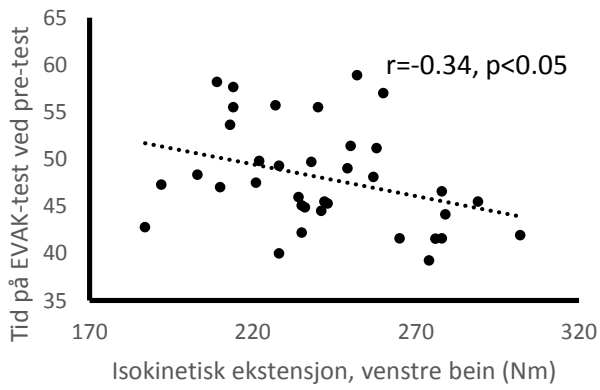
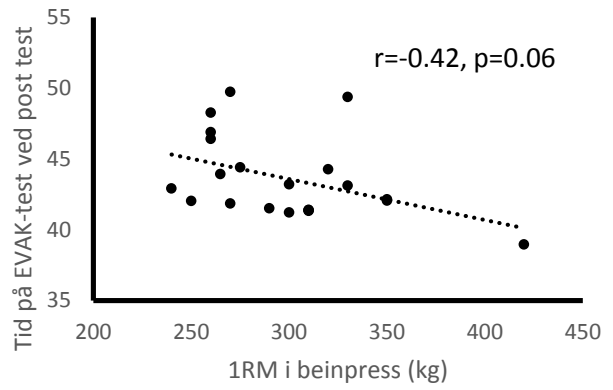
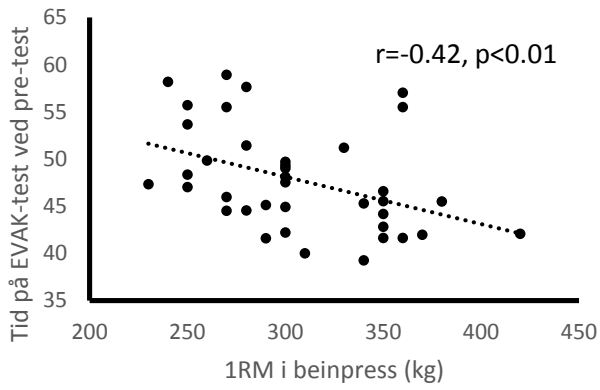
Lineær regresjon ble brukt til å lage en modell for å predikere variansen i prestasjon i EVAK-testen på datasettet fra post-testene. Vekt (kg) og maksimalt oksygenopptak (ml/min) ble tatt med i modellen. Den forklarte 72 % av variansen i EVAK-testen ($F=22.7$, $R^2=0.716$, $p<0.01$). Vekt og maksimalt oksygenopptak hadde en β -verdi på henholdsvis -0.60 ($p<0.01$) og -0.31 ($p=0.90$).



Figur 4.8: Scatterplot av forbedring fra pre- til post-tester mot pre-test gjennomføringen av EVAK-testen



Figur 4.9: Sammenhengen mellom antropometri og prestasjon i EVAK-testen for SOF-operatørene ved pre-tester (venstre kolonne) og post-tester (høyre kolonne)



Figur 4.10: Sammenhengen mellom beinpress, isokinetisk styrke, maksimalt oksygenopptak og maksimal effektutvikling, og prestasjon i EVAK-testen for SOF-operatørene ved pre-tester (venstre kolonne) og post-tester (høyre kolonne)

5 Diskusjon

Hovedfunnene i Del I av oppgaven er at reliabiliteten til EVAK-testen på testdag 1 (T1) til testdag 2 (T2) viser seg å være moderat (ICC=0.78, CV= 6 %) og det viser seg også å være et systematisk bias for tilvenning til testen ved at FP presterer bedre på T2: Et Bland-Altman plot viste en gjennomsnittlig differanse fra T1 til T2 på $2,7 \pm 3,5$ sek (95% limits of agreement; LoA: -4,0 til 9,6). Etter en tilvenningstest blir reproduserbarheten god (ICC=0.89, CV=3,7 %). Den gjennomsnittlige differansen fra T2 til testdag 3 (T3) av EVAK-testen var $0,8 \pm 2,5$ sek (95% LoA: -4,1 til 5,8). Det ble funnet middels til gode korrelasjoner mellom EVAK-testen og Wingate-testen, 300m løp og maksimalt oksygenunderskuddstesten (MAOD-testen). I tillegg kunne 81 % av variansen i EVAK-testen forklares av gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen ($\beta=-0.75$) og tid på 300m løp ($\beta=0.32$) med en lineær regresjonsanalyse. EVAK-testen opplevdes også som relevant av SOF-operatørene selv. 81 % av SOF-operatørene mente at EVAK-testen var «i stor grad» eller «svært stor grad» relevant som arbeidsform og spesifikk testsituasjon. I Del II ble det funnet gode sammenhenger med mange fysiske basisressurser og antropometriske mål ($r= -0.40$ til 0.82). Muskelmasse, vekt, høyde og absolutt oksygenopptak utpeker seg som viktige variabler som kan forklare prestasjonen i EVAK-testen. En lineær regresjonsanalyse på SOF-operatørene viste at vekt og maksimalt oksygenopptak (ml/min) forklarte 72 % av variansen i EVAK-testen (henholdsvis β -verdi=-0.60 og -0.31).

5.1 Del I – EVAK-testens reliabilitet

Alle forsøkspersonene (FP) unntatt en presterte bedre på T2 i forhold til den T1 på EVAK-testen: de reduserte tiden med $3,3 \pm 3,8$ sek. Det var en signifikant forskjell mellom T1 og T2, og T1 og T3 av EVAK-testen. Det var derimot ingen forskjell mellom T2 og T3. Det ser derfor ut til at det er en viss tilvenningseffekt på EVAK-testen. Noen personer behøver trolig mer enn ett tilvenningsforsøk. Årsakene til dette kan blant annet være at det å løpe og trekke en dukke etter seg er en uvant arbeidsform og det virker som om teknikken bak dette har en innvirkning på prestasjonen. Kortvarig maksimalt arbeid kan også være uvant for noen personer.

5.1.1 Variasjonen i prestasjon på EVAK-testen og teknikk

Grepet FP hadde i stridsvesten på dukken er en av de tekniske variablene som har innvirkning på prestasjonen i EVAK-testen. Pilot-tester viste at dersom man valgte å bytte grep på dukken kunne dukken stoppe opp og man tapte sekunder fordi det var tungt å få igang bevegelsen på dukken igjen. I tillegg var det mange som mistet dukken i bakken og måtte plukke den opp igjen. Disse tilfældighetene kan ikke kontrolleres dersom FP får lov til å bytte tak under testen og kan bidra til å redusere reliabiliteten til testen. Derfor måtte FP på forhånd bestemme hva slags grep de ville dra dukken med. Når dette grepet var tatt kunne de ikke bytte underveis.

Steget til FP under dukketrekkingen så også ut til å påvirke prestasjonen. Lang steglengde med lav frekvens kunne føre til at FP sparket borti dukken og snublet i den. Dette kunne også skje når FP vendte rundt kjeglene. At FP «lærte» seg hvordan de skulle trekke dukken bidro trolig med en bedre tid på andre og tredje gjennomføring. Ved minst ett tilfelle, der dette var veldig klart, gjorde en FP én slik teknisk feil på tredje gjennomføring. Forsøkspersonen var omtrent 3 sekunder langsommere på tredje gjennomføring i forhold til andre gjennomføring. Tredje gjennomføring var også tregere enn første gjennomføring. I dette tilfelle var det helt klart at det var denne tekniske feilen som førte til den noe økte tiden.

5.1.2 Reliabilitetsstatistikk

5.1.2.1 *Intraclass correlation coefficient (ICC)*

ICC er brukt til å vurdere reliabilitet i mange studier og verdier $>0,9$ representerer en stor grad av reliabilitet (O'Donoghue, 2012), men for å gi et mer informativt bilde av ICC mener Morrow & Jackson (1993) at det er hensiktsmessig å presentere 95 % konfidensintervaller (95 % CI) i tillegg. På grunn av at korrelasjonsverdier i utgangspunktet brukes til å se hvor stor sammenheng det er mellom to verdier, og fordi de er påvirket av variansen i tallmaterialet kan disse feiltolkes. Variansen i et tallmateriale er blant annet en årsak til at det er lettere å finne korrelasjoner i et heterogent utvalg i motsetning til et homogent utvalg. En potensielt feilkilde til feiltolkning av ICC er også at en ikke har vært bevisst i valget av utregningsmetoden av ICC og at konfidensintervallene ikke blir rapportert i studien. I denne oppgaven ble en

Two-way mixed metode brukt med hensyn til systematisk bias (absolute agreement). Hvordan ICC blir påvirket av variansen i tallmaterialtet ses klart dersom jeg sammenligner ICC mellom de ulike testene med og uten uteliggeren. ICC var 0.9 mellom EVAK-testen på T1 og T2 inkludert uteliggeren (95% CI: 0.57 – 0.97). Uten uteliggeren ble ICC redusert til 0.78 (95 % CI: 0.30 – 0,93). Mellom T2 og T3 ble ICC til 0.89 uten uteliggeren, fra 0.94 med uteliggeren (95 % CI henholdsvis: 0.72 – 0.96 og 0.84 – 0.98). ICC fra T1 til T2 viser høy reliabilitet dersom uteliggeren er inkludert. Uten han er det også mulig å akseptere reliabiliteten til EVAK-testen fra T1 til T2 med en ICC på 0.78. Ser man derimot på nedre konfidensintervallgrense i begge tilfellene er det ikke like lett å akseptere testen som reliabel fra T1 til T2. En kan derfor se at om en ikke vurderer variansen i datasettet, ikke regner ut konfidensintervaller, eller er bevisst i ICC-utregningsmetode, kan ICC feiltolkes.

Ut ifra ICC-resultatene kan EVAK-testen anses å være reliabel etter et tilvenningsforsøk med dette utvalget.

5.1.2.2 Variasjonskoeffisient

Variasjonskoeffisienten (CV) viste seg å være 6,4 % fra EVAK-testen fra T1 til T2, og 4,3 % fra T2 til T3. Uten uteliggeren var den henholdsvis 6,0 % og 3,7 %. Hvilket betyr at CV viser ingen stor variasjon slik som ICC-metoden, med eller uten uteliggeren. Hopkins (2000) sier at på idrettsutøvere varierer CV med 1 - 5 % i de fleste tilfeller, avhengig av erfaring, testens art og tid mellom testene. Med dette som utgangspunkt viser også CV, i likhet med ICC, at etter ett tilvenningsforsøk ser EVAK-testen ut til å være en reliabel test. Når det gjelder de individuelle verdiene har to av FP en individuell CV på 6,0 % og to har 7,0 % CV fra T2 til T3, ingen har individuell CV over dette. Dette er derfor under 10 % CV grensen som er blitt brukt av noen forskere. Det kan imidlertid diskuteres om denne grensen er gyldig å bruke (Atkinson & Nevill, 1998).

Oppsumert viser gjennomsnittlig CV for hele gruppa seg å være god for EVAK-testen etter ett tilvenningsforsøk. Det er også gode nok individuelle CV-verdier til å mene at EVAK-testen er en reliabel test fra T2 til T3 når man skal følge individuelle endringer over tid.

5.1.2.3 Bland-Altman's 95 % level of agreement

Bland-Altman plottene i Figur 5.2 (A og B) viser en gjennomsnittlig differanse fra EVAK-testen gjennomført på T1 til T2 på 3,2 sekunder. Den gjennomsnittlige differansen fra T2 til T3 er 1,2 sekunder. Fra T1 til T2 ser det ut til at det er et klart systematisk bias mot å prestere bedre på andre forsøk i forhold til første. Trolig er dette systematiske biaset et resultat av innlæring av testen og teknikken i forhold til å trekke dukken. Som nevnt tidligere har denne teknikken en del og si for variasjonen i resultatene. De individuelle punktene viser også at det er kun en av FP som presterer dårligere på andre gjennomføring av EVAK-testen. Det er vanskelig å spekulere hvorfor denne FP'en gjorde det dårligere på andre forsøk. I forhold til inntak av mat og drikke på den aktuelle testdagen og trening gjort dagene i forkant, er det ikke mulig å si noe spesifikt angående dette fordi det var relativt likt før alle testdagene. Mulige andre årsaker kan blant annet være faktorer som har påvirket dagsformen eller motivasjonen for å presse seg maksimalt. Testen er av en natur som gjør at motivasjonen er et viktig aspekt for å prestere.

Det systematiske biaset mot å prestere bedre i EVAK-testen fra T1 til T2 er borte i resultatene fra T2 til T3. Den gjennomsnittlige differansen på 1,2 sekunder, som ikke er signifikant forskjellig fra 0 viser dette. Likevel er det en viss variasjon i differansen mellom EVAK-testen gjennomført på T2 til T3. 95 % limits of agreement (LoA) var -4,6 til 7 sekunder. Tre av fire FP som forbedret seg mer enn 4 sekunder fra T2 til T3 var langdistanse utholdenhetstrening. Trolig er disse uvant med aktivitet som innebærer maksimal intensitet til utmattelse <2 min. Å jobbe med så høy intensitet over såpass lang tid er noe disse muligens også trengte tilvenning til, i tillegg til teknikken i testen. Samtidig har Hasegawa et al. (2012) også vist at i løpet av 14 dager med 30-sekunders maksimalt sykling daglig (2-4 per dag), økte maksimal effekt med omtrent 5 prosent de første fire dagene. Man kan derfor ikke se bort ifra at det også kan ha vært en liten treningsadaptasjon også på disse tre FP'ene som var «utrente» i forhold til kortvarig anaerobt arbeid, om ikke på alle.

Utvalget mitt var relativt homogent. Det er derfor vanskelig å se hva som skjer med reliabiliteten i testen med personer som bruker mer enn omtrent 65 sekunder på EVAK-testen. Det var bare en FP som presterte dårligere enn 65

sekunder i gjennomsnitt på alle EVAK-testene. På grunn av at disse reliabilitetsdataene skal ekstrapoleres til norske SOF-operatører som i denne oppgaven presterer på et forholdsvis høyt nivå (Pretester: 48,1 ±4,6 sek, Post-tester: 44,4 ±3,0 sek) er det naturlig å bruke resultater der uteliggeren tas bort. Gjennomsnittlig differanse mellom T1 og T2 blir da 2,7 sekunder (95 % LoA: -4 til 9,6) . Mellom T2 og T3 ble den gjennomsnittlige differansen 0,8 sekunder med 95 % LoA på -4,1 til 5,8 sekunder. Det systematiske biaset mot å prestere bedre i EVAK-testen på T2 i forhold til T1 er fortsatt tilstede, men det forsvinner etter en tilvenningstest. Hovedforskjellen dersom man tar ut uteliggeren blir at 95 % LoA blir mindre og testen blir mer reliabel for utvalget som gjennomfører EVAK-testen på omtrent 60 sekunder eller mindre. Ut ifra Bland-Altman plottene kan EVAK-testen anses å være er reliabel både med og uten uteligger fra T2 til T3 fordi den gjennomsnittlige differansen mellom disse to testtidspunktene ikke er signifikant forskjellig fra 0. Det er likevel viktig også å vurdere 95 % LoA før en sier noe endelig om endring over tid i EVAK-testen.

5.1.3. Reliabilitetsmål til andre anaerob kapasitet-tester.

Inbar et al. (1996) mener boken deres om Wingate-testen er en «*state of the art review*» (s. V) som tar for seg alle aspekter av Wingate-testen. Likevel er reliabilitetsmålene de presenterer fra andre studier på utvalg som er relativt likt utvalget i denne oppgaven, kun som Pearson's r, uten konfidensintervaller eller noen annen form for statistisk analyse (f.eks. Patton et al., 1985; Evans & Quinney, 1981). Nylig publiserte Hachana et al. (2012) en studie som så på reliabiliteten til en 15 sekunders Wingate test. Her refereres det til at 30 sekunders Wingate-test er tidligere vist å være en reliabel test. Det ser ut til at denne type referering ofte går igjen og baserer seg på lite utdypt reliabilitetsstatistikk, da det såvidt meg bekjent ikke finnes noen studie med hovedhensikt å teste reliabiliteten til en 30 sekunders Wingate-test med flere statistiske metoder. Det er lite heldig at denne reliabiliteten er akseptert på et generelt nivå i litteraturen slik den ser ut til å være. Atkinson & Nevill (1998) påpeker nettopp det at flere statistiske metoder burde brukes til å vurdere testers reliabilitet. Likevel er trolig en 30 sekunders Wingate-test en relativt reliabel test, fordi prestasjonen ikke nevneverdig blir påvirket av teknikk. Personer som ikke er vant til kortvarig maksimalt arbeid vil trolig trekke ned reliabiliteten til en 30 sekunders Wingate-test, slik som med EVAK-testen.

EVAK-testen er nøyere vurdert i forhold til statistiske metoder enn Wingate-testen. Fordi Wingate-testen er en akseptert reliabel test i litteraturen i forhold til de statistiske mål som er vist, kan trolig også EVAK-testen aksepteres som reliabel dersom en tar de tekniske hensyn som er nevnt tidligere og tilvenning til EVAK-testen blir gjennomført.

MAOD-testen har blitt undersøkt nøye når det gjelder reliabilitet. Bruker man tradisjonelle mål som ICC eller Pearson r har MAOD-testen vist god reproduserbarhet ($r=0.95 - 0.97$; Weber & Schneider, 2001). Den har også blitt vurdert som reliabel ved å bruke variasjonskoeffisient. Men basert på 95% LoA konkluderte Doherty et al. (2000) med at MAOD-testen ikke var reliabel. EVAK-testen kan derimot vurderes som reliabel med både ICC, CV og 95 % LoA.

Såvidt meg bekjent finnes det ingen studie med hovedhensikt å teste reliabiliteten til 300 m løp eller andre lignende distanser. Den er imidlertid blitt brukt som en felt-test på anaerob kapasitet, trolig på grunn av varigheten og hvor lett den er å utføre (Green, 1995). På grunn av at 300 m løp er en relativ kort distanse og løp er en vanlig aktivitetsform kan det tenkes at reliabiliteten til 300 m løp vil være akseptabel dersom motivasjonen til FP er tilstede og ikke ytre faktorer som f.eks. vær eller vind påvirker. I forhold til vær og vind blir ikke EVAK-testen påvirket av dette. Den er trolig vel så reliabel som 300 m løp dersom en tar hensyn til tilvenning og teknisk utførelse.

5.1.4. Utvalgets størrelse og ekstrapolering av reliabilitetsanalysen til SOF-operatører

Et lite utvalg i en reliabilitetsanalyse kan ha stor påvirkning på resultatene. Desto større utvalget er, jo nærmere vil man komme populasjonen i sine analyser. På bakgrunn av dette må man være varsom med å ekstrapolere resultatene i en studie med et lite utvalg, og man burde ha minimum 30 stk i et utvalg i en reliabilitetsstudie (Morrow & Jackson, 1993). I denne oppgaven var det 18 forsøkspersoner i Del I. Likevel kan jeg trolig se bort ifra argumentasjonen til Morrow & Jackson (1993), da reliabilitetstesting av EVAK-testen er ment å ekstrapoleres til norske SOF-operatører, som er et lite, men homogent utvalg. Jeg vil tro at det ville vært positivt for oppgaven å ha et større utvalg, men fysiske tester av norske SOF-operatører var utført når jeg rekrutterte forsøkspersoner til Del I av denne oppgaven. Derfor var det samlet

inn karakteristikk av utvalget reliabilitetsanalysen skulle ekstrapoleres til, og det kunne derfor spesifiseres i inklusjonskriteriene slik at utvalget i Del I var relativt likt utvalget fra norske SOF-operatører. FP ble testet i beinpress og svikthopp, og måtte bestå et minstekrav som var det dårligste resultatet til SOF-operatørene i prosjektet i de enkelte testene. Den eneste forskjellen mellom FP i Del I og SOF-operatørene i Del II var vekten. FP i Del I veide 4,7 kg mindre ($p < 0.05$).

5.2. Del I: EVAK-testens validitet

For å validere EVAK-testen som en anaerob kapasitetstest ble den sammenlignet med Wingate-testen, 300 m løp og oksygenunderskuddstesten (MAOD). Tid brukt på å gjennomføre EVAK-testen korrelert moderat til godt med prestasjonsmålene som representerer anaerob kapasitet i sammenligningstestene: $r = -0.85$; $r = 0.55$; $r = -0.6$ for henholdsvis gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen, tid brukt på 300 m løp og liter oksygenunderskudd i MAOD. Spredningen i datasettet og korrelasjonene blir påvirket av uteliggeren. Tar man vekk uteliggeren ble korrelasjonen mellom EVAK-testen og gjennomsnittlig effekt i Wingate testen redusert til $r = 0.68$, med 300 m løp $r = 0.51$ og signifikansnivået mellom EVAK-testen og liter oksygenunderskudd forsvant. Gjennomsnittlig rang i EVAK-testen på testdag 2 (T2) og testdag 3 (T3) korrelerte også godt med gjennomsnittlig rang samlet i Wingate-testen, 300 m løp og MAOD ($r = 0.79$).

Tester som Wingate-testen og 300 m løp, der prestasjonsvariablene er mål på et arbeid som er utført er avhengig av en rekke faktorer annet enn den anaerobe energiomsetningen (Figur 2.3). Varigheten til disse testene gjør i tillegg at man kan kategorisere de under tester av anaerob arbeidskapasitet som beskrevet av Green & Dawson (1993). Green & Dawson (1993) mener at slike tester kun kan reflektere den anaerobe kapasiteten og ikke fungere som direkte mål på den. Likevel er slike tester ofte brukt i litteraturen for å beskrive anaerob kapasitet (e.g. Kim et al., 2011; Thorland et al., 1987). Ser man på definisjonen på anaerob kapasitet (se teori-kapittelet) er det kun MAOD-testen av de tre testene denne oppgaven sammenligner EVAK-testen med som kan karakteriseres som en ren anaerob kapasitetstest. Dette er fordi den gir et kvantitativt mål på den totale anaerobe energiomsetningen og den har til

hensikt å «tømme» de anaerobe energisystemene. Videre vil jeg diskutere hver av disse tre testene for seg i forhold til hvordan de kan sammenlignes med EVAK-testen.

5.2.1. EVAK-testen og Wingate-testen

Det var en god sammenhengen mellom EVAK-testen og prestasjonsmålene i Wingate-testen (gjennomsnittlig og maksimal effekt). Likheten mellom EVAK-testen og Wingate-testen er at begge er av typen «all-out» tester med maksimal innsats fra start. Faktorene som er viktige for å prestere høyt i Wingate-testen (målt i absolutte verdier) kan derfor være viktige for prestasjonen i EVAK-testen (blant annet muskelmasse og muskelstyrke), selv om den totale varigheten på EVAK-testen er noe lenger enn i en Wingate-test

I Wingate testen er gjennomsnittlig effekt ofte blitt brukt for å reflektere anaerob kapasitet (Inbar et al., 1996). Mangel på en gullstandard gjør dette vanskelig å avkrefte eller bekrefte, og dette er blitt kritisert (e.g. Vandelwalle et al., 1987). Dersom vi likevel antar at gjennomsnittlig effekt kan si noe om anaerob kapasitet kan EVAK-testen trolig være vel så god som Wingate-testen til å si noe om anaerob kapasitet. Den tekniske løsningen av EVAK-testen, og variasjonen i resultatene dette medfører, er en faktor som også må tas hensyn til når en sammenligner EVAK-testen med Wingate-testen. Dette kan ha ført til dårligere sammenheng mellom de to testene enn dersom teknikk ikke var et viktig aspekt i EVAK-testen.

Det var ingen forskjell i maksimal laktatkonsentrasjon i blodet etter EVAK-testen og Wingate-testen. Derimot var hjerterefrekvens i Wingate-testen lavere i forhold til alle andre tester. Det er naturlig å tro at dette er på grunn av varigheten på Wingate-testen (30 sekunder). Alle de andre testene varte mer enn 40 sekunder og gav dermed mer tid til hjerterefrekvensen å øke. Subjektiv grad av anstrengelse var lavere på Wingate-testen i forhold til 300m løp. Det er vanskelig å spekulere i hvorfor det var slik, men det kan hende varigheten også her spiller en rolle.

På grunn av at prestasjonen målt i absolutte verdier i Wingate-testen blant annet er avhengig av muskelmasse og muskelstyrke (Inbar et al., 1996; Perez-Gomez et al., 2008; Kim et al., 2011), og at en arbeider mot en motstand basert

på personens kroppsvekt, er det naturlig at normalt trente personer med normal fettprosent presterer bedre jo mer de veier (fordi muskelmassen øker). Den lineære sammenhengen mellom prestasjon og f.eks. muskelmasse kan derfor tenkes å være relativt lineær uavhengig av varisajonen. Fordi man i EVAK-testen hovedsaklig jobber mot en tung absolutt motstand (dukken, 80 kg) er det god grunn til å tro at den lineære sammenhengen mellom EVAK-testen og Wingate-testen er sannsynligvis avhengig av at personer som testes er i god nok form og har nok muskelmasse til å gjennomføre EVAK-testen på mindre enn omtrent 60 sekunder. En FP presterer over tre standard avvik dårligere enn gjennomsnittet, og er den eneste som gjennomfører EVAK-testen på over 60 sekunder på T3. Årsakene til dette er trolig at han var betydelig lettere og lavere enn gjennomsnittet.

5.2.2. EVAK-testen og 300 m løp

Sammenhengen mellom 300 m løp og EVAK-testen var moderat både med og uten uteliggeren. Som i Wingate-testen spiller den tekniske løsningen en mindre rolle i 300 m løp enn i EVAK-testen. Naturlig nok er belastningen i 300 m løp den enkeltes kroppsvekt og ikke en tung ytre absolutt belastning som i EVAK-testen. Som følge av dette er det ikke behov for høy absolutt effekt i hvert løpsteg for å prestere godt på 300 m løp. Det er derimot behov for å utvikle høy effekt per kg kroppsvekt. Dette er sannsynligvis en av årsakene til at sammenhengen ikke er større mellom EVAK-testen og 300 m løp. Derfor ser en også at spredningen i prestasjonen på 300 m løp er mindre enn i EVAK-testen (ca. 10 sek mot ca. 30 sek). En FP presterte veldig bra på EVAK-testen, men dårligst av alle på 300 m løp. En av årsakene til dette er mest sannsynlig at FP var en av de tyngste i utvalget. Som oppgaven vil vise senere er vekt en viktig faktor for prestasjonen i EVAK-testen, men stor vekt er trolig med på å hemme FP i 300 m løp. Resultatene fra 300 m regnet ut som effekt per sekund (W/s) viser dette. En annen grunn til at han ikke løp fortere kan ha sammenheng med at han ikke er løpsvant og/eller at han startet for intensivt eller for sakte. 300 m løp er ingen vanlig distanse å løpe og å hvilken «taktikk» en velger for å få best mulig løpstid kan ha hatt utslag. På grunn av dette kan en heller ikke utelukke at resultatene hadde vært noe annerledes dersom et tilvenningsforsøk på en separat dag hadde blitt utført. Derimot er løping en såpass vanlig aktivitet at det mest sannsynlig ikke ville påvirket resultatene i noen særlig grad.

Årsaken til sammenhengen mellom EVAK-testen og 300 m løp er nok at varigheten på testene er relativt like og energisystemene bidrar relativt likt fordi begge testene skal gjennomføres på kortest mulig tid. På grunn av den nær like varigheten mellom EVAK-testen og 300 m løp kan det også tenkes at noen av de samme trøtthetsmekanismene spiller inn, selv om den absolutte motstanden var ulik, og at andelen aerob og anaerob energibidrag trolig var nokså likt. Det var heller ingen forskjell i den maksimale laktatkonsentrasjon i blodet, HF og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs' skala etter 300 m løp og EVAK-testen.

5.2.3. EVAK-testen og MAOD-testen

I sammenligningen av EVAK-testen mot MAOD-testen er det tre FP som skiller seg ut: Uteliggeren som presterer dårlig på EVAK-testen og MAOD testen, og to andre som presterer forholdsvis bra på EVAK-testen, men dårlig på MAOD-testen.

MAOD-testen ser ut til å være en lovende metode for å kvantifisere anaerob kapasitet indirekte, men det er likevel mange metodiske problemer som nevnt tidligere (se Teorikapittel). Av disse ser metoden man benytter for å komme frem til hvert enkelt individs forhold mellom hastighet og oksygenopptak ut til å være kritisk (Bangsbo, 1998). Noordhof et al. (2010) mener blant annet at omtrent 10 submaksimale drag mellom 30 og 90 % av maksimalt oksygenopptak er nødvendig for å fremskaffe et robust forhold mellom belastning og oksygenopptak, og bruken av et y-kryssningspunkt bestemt av oksygenopptak i hvile. Mine FP utførte fire drag for å bestemme oksygenopptaks/hastighets-forholdet. I tillegg ble ikke de submaksimale dragene utført på en relativ intensitet av dere maksimale oksygenopptak. Derfor er det mulig at den supramaksimale belastningen kan ha blitt feilberegnet i forhold til hverandre med tanke på at arbeidsøkonomien endres ved økende submaksimale belastninger. Utfordringen med hvilket tidspunkt oksygenopptaksmålingene for å beregne den supramaksimale hastigheten testen utføres på (Bangsbo, 1998) kan jeg trolig se bort ifra, da resultatene fra denne oppgaven ikke skal sammenlignes med andre studier.

Testen av maksimalt oksygenopptak som ble utført 15 min før MAOD-testen kan også hatt et utslag på MAOD-testen. FP løp her til utmattelse og valgte selv å avslutte en test når de følte at de ikke klarte mer. Hvor hardt de valgte å

presse seg selv på $VO_{2\text{maks}}$ -testen vil ha en direkte påvirkning på hvor mye de klarer å presse seg under selve MAOD-testen. Dette kan ha vært grunnen til at de to tidligere nevnte FP presterte bra på EVAK-testen, men ikke på MAOD-testen.

Sloniger et al. (1996) fant en sammenheng mellom forskjell i aktivert muskelmasse og oksygenunderskudd ($r=0.63$, $p<0.05$). Dette forholdet ble også vist av Weyand et al. (1993). Inkluderer jeg uteliggeren som presterte dårlig i EVAK-testen er det en moderat sammenheng til MAOD-testen. På grunn av den absolutte motstanden i EVAK-testen og sammenhengen mellom muskelmasse og prestasjon i EVAK-testen kan det tenkes at med en mer optimal protokoll ville sammenhengen mellom EVAK-testen og MAOD-testen vært enda bedre. Den overnevnte uteliggeren og de to FP som presterte godt i EVAK-testen, men ikke i MAOD testen, påvirker korrelasjonskoeffisienten betydelig i disse resultatene.

5.2.4. EVAK-testens logiske validitet

På grunn av mye hemmelighet rundt spesialstyrker er det vanskelig å finne ut hva som faktisk blir gjort når SOF-operatørene er ute på oppdrag. Derfor følte jeg det som viktig å undersøke hva SOF-operatørene selv mente om EVAK-testen. De ble blant annet spurt om de mente EVAK-testen var en relevant fysisk test for deres yrke. Det var ingen av SOF-operatørene som svarte at EVAK-testen «i svært liten grad» eller «i liten grad» var relevant som arbeidsform eller spesifikk testsituasjon for deres yrke. 19 % av SOF-operatørene som svarte at den «i noen grad» var relevant, og 81 % mente at EVAK-testen var «i stor grad» eller «i svært stor grad» relevant. Både som arbeidsform og spesifikk testsituasjon.

EVAK-testen karakteriseres på et generelt nivå av det skal gjøres et stort arbeid over en kortere periode som er avhengig både aerob og anaerob energiomsetning. Arbeidet i EVAK-testen skal i store deler av testen gjøres mot en tyngre absolutt motstand og faktorer som muskelmasse, styrke, effektutvikling i strekkapparatet, og maksimal aerob effekt blir viktige (diskutert i detalj sener i oppgaven). Muskelmasse og styrke er også vist å være viktig for

den anaerobe kapasiteten (Sloniger et al., 1997), og hvor stort arbeid som en kan klare å utføre (Kim et al., 2011) i henholdsvis MAOD-testen og Wingate-testen der motstanden er relativ til kroppsvekten. Reilly et al. (2011) og Silk et al. (2011) viste også at simulerte stridshandlinger med normal stridsutrustning (omtrent 25 kg) er blant annet avhengig av den anaerob energiomsetning. I brannmannsyrket, som fysiologisk kan sammenlignes med SOF-operatøryrket, er det vist at anaerob kapasitet målt i blant annet Wingate-testen og 400m løp er viktige prediktorer for prestasjon i brannmannsoppgaver (Sheaff et al., 2010; Rhea et al., 2004).

Wingate-testen, 300 m løp og MAOD-testen har en relativ ytre belastning i forhold til kroppsvekt. På grunn av sammenhengen mellom testene er det grunn til å tro at prestasjonen i EVAK-testen kan ekstrapoleres til andre arbeidsmåter der det er viktig å gjøre et stort arbeid på kort tid med varierende ytre belastninger. De fysiske arbeidskravene til spesialoperasjoner og SOF-operatører viser seg å være mange og inkluderer også evnen til å gjøre et stort på kort tid om en situasjon tilsier det (se teorikapittel), og SOF-operatører utfører sine oppdrag med varierende ekstra belastning på kroppen. Normal stridsutrustning veier omtrent 27 kg (Owen, 2012) og ryggsekken kan veie opp mot 80 kg avhengig av oppdrag. Testene jeg har sammenlignet med EVAK-testen viser at EVAK-testen også sier noe om arbeidsevnen med varierende ytre belastning. EVAK-testen er derfor logisk valid i forhold til SOF-operatørens fysiske arbeidskrav og deres egen oppfatning av testen.

5.3. Oppsummering Del I: EVAK-testens reliabilitet og validitet

EVAK-testen er en relativt teknisk test som innebærer at det er noen tilfeldigheter og faktorer som er vanskelig å kontrollere. Med strenge krav til teknisk utførelse er det imidlertid mulig å ha en relativt god kontroll. Det virker derfor som om EVAK-testen er en reliabel test etter ett tilvenningsforsøk på bakgrunn av de statistiske metodene ICC, CV og Bland-Altman 95 % limits of agreement. Likevel må tekniske momenter av testen presiseres for FP slik at variasjonen ikke skyldes teknisk utførelse av testen dersom man vil måle endring i prestasjonen som et resultat av f.eks. en intervensjon rettet mot fysisk trening.

Om EVAK-testen er valid som anaerob kapasitetstest er et vanskeligere tema. Det finnes som nevnt ingen gullstandard. Sammenhengen til 300 m løp og Wingate-testen er henholdsvis moderat og god, og en lineær regresjonsanalyse avslørte at 81 % av variansen i EVAK-testen kan forklares av Wingate-testen og 300 m løp. Dette er tester som i litteraturen hyppig er brukt til å gi et bilde på anaerob kapasitet, men er likevel kritisert av forskjellige årsaker. Disse resultatene sier oss derfor mer om at faktorer som er viktige for prestasjonen i 300 m løp og Wingate-testen, også er viktige i EVAK-testen. Forholdet mellom EVAK-testen og MAOD-testen var moderat, men som nevnt er MAOD-testen per dags dato overskuet av metodiske problemer som gjør at måleusikkerheten til de enkelte FP er større enn ønskelig. Det er grunn til å tro at med et større utvalg og en mer optimal test-protokoll for MAOD-testen ville sammenhengen sett bedre ut. Det kan tenkes at MAOD-testen ville vært inkludert i regresjonsmodellen fordi den er den eneste testen som har til hensikt å «tømme» de anaerobe energibidragene. At prestasjonen i EVAK-testen er avhengig av forskjellige faktorer som også er viktige for prestasjonen i alle de andre testene ses også i sammenhengen mellom gjennomsnittlig rang i EVAK-testen på T2 og T3, og gjennomsnittlig rang i Wingate-testen, 300 m løp (s) og MAOD-testen.

Reliabiliteten ved måling av laktatkonsentrasjonen i blod er god, målt omtrent 7 minutter etter et kortvarig, utmattende arbeid (Green & Dawson, 1993). Derfor kan laktatverdiene bli brukt til vurdere om det er blitt utført et betydelig glykolytisk arbeid. Det ble ikke funnet noen forskjell i maksimal laktatkonsentrasjon i blodet etter testene. Dersom Wingate-testen, 300 m løp og MAOD testen kan sies å være de mest valide indirekte testene for anaerob kapasitet per dags dato, og man antar at maksimal laktatkonsentrasjon i blodet etter testene kan si noe om hvor stor involvering den anaerobe glykolysen har hatt, er det mulig å trekke parallelen at EVAK-testen involverer like mye anaerob glykolytisk aktivitet som Wingate-testen, 300 m løp og MAOD.

Ut ifra det overnevnte er det grunn til å tro at EVAK-testen er en reliabel og valid anaerob kapasitetstest dersom vi antar at også Wingate-testen, 300 m løp og MAOD-testen kan reflektere den anaerobe kapasiteten.

SOF-operatørene selv mente at EVAK-testen var meningsfull som arbeidsform og spesifikk testsituasjon. Ser man dette i sammenheng med SOF-operatørenes fysiske arbeidskrav, og sammenhengen mellom EVAK-testen og Wingate-testen, 300 m løp og MAOD-testen, kan det sies at EVAK-testen har god logisk validitet som test for norske spesialstyrker.

5.4. Del II – Hvilke basisressurser er viktige for prestasjonen i EVAK-testen
Hovedfunnene i Del II av oppgaven er at vi så en bedring i prestasjonen i EVAK-testen ($3,7 \pm 4,8$ sekunder) og en økning i muskelmasse ($0,8 \pm 1,1$ kg) gjennom en treningsperiode på ett år. De andre variablene som ble sett på i sammenheng med EVAK-testen hadde ingen signifikant endring. Det var heller ingen sammenheng mellom endring i muskelmasse og endring i prestasjon i EVAK-testen. Den underliggende årsaken til at dette er trolig forårsaket av at de som presterte dårlig i EVAK-testen på pretestene og hadde en stor fremgang på post-testene. Dette gjenspeiles også i korrelasjonskoeffisientene som ble funnet ved pre- og post-testene. De samme variablene som ble signifikant korrelert med prestasjonen i EVAK-testen ved pretestene var også signifikante ved post-testene med unntak av 1RM i beinpress, men de fleste variablene hadde en bedre korrelasjonskoeffisient ved post-testene med unntak av maksimal effektutvikling i svikthopp som forble relativt uforandret. Ved post-testene så man også en signifikant korrelasjon mellom høyde og prestasjon i EVAK-testen. Dette var ikke tilfellet ved pre-testene. Studerer man scatterplottene i mer detalj ser det ut til at variasjonen og spredningen i dataene er redusert ved post-testene. Regresjonsmodellen som ble laget på dataene fra post-testene viste at vekt og maksimalt oksygenopptak (ml/min) forklarte 72 % av variansen i resultatene fra EVAK-testen ved post-testene.

5.4.1. Endring i prestasjonen på EVAK-testen og de enkelte testvariablene
Som nevnt innledningsvis i metodekapittelet har treningsprosjektet som hensikt å optimalisere SOF-operatørens fysiske form ved å følge opp hver enkelt i forhold til trening, skadeforebygging og totalbelastning. De fleste SOF-operatørene er fri for skade og i god nok fysisk form til å utføre den jobben de er tiltenkt. Likevel vil et enda større og helhetlig perspektiv på punktene nevnt over trolig minske risikoen for at skader oppstår og føre til at SOF-operatørene blir værende i jobben så lenge som det er ønskelig. At treningsprosjektet har fokus på å optimalisere SOF-operatørens fysiske form i forhold til trening, skadeforebygging og totalbelastning er trolig hovedårsaken til at det var kun to av åtte variabler der det ble sett en signifikant endring

EVAK-testene utført ved pre-test var første gang den ble utført for alle SOF-operatørene og noe av endringen kan mest sannsynlig tilskrives innlæringen av

testen, selv om det var omtrent 1 år mellom testene. 53 % av SOF-operatørene inkludert i underutvalget i endringsanalysene av oppgaven hadde også utført EVAK-testen på testrunde 2, ca et halvt år etter pre-testene. I tillegg til tilvenning til EVAK-testen var jeg som testleder ved post-testene mer erfaren i forhold til hvilke faktorer som bidro til en mer reliabel og optimal prestasjon. Denne erfaringsbasen hadde jeg ikke ved pre-testene, og dette kan også være med på at prestasjonen ble bedre i EVAK-testen ved post-test. Et av disse punktene er f.eks. ikke å stoppe opp under dukketrekkingen, men alltid ha fart på dukken slik at den ikke må dras igang igjen.

Prestasjonsforbedringen i EVAK-testen er på 7,6 %, noe som er en større endring enn variasjonskoeffisienten funnet i Del I av oppgaven med og uten tilvenning (6,0 og 3,7 % henholdsvis uten og med tilvenning). På en annen side er forbedringen målt i sekunder ikke over Bland-Altman's 95 % LoA (-4,1 til 5,8). Det kan likevel tenkes at den signifikante forbedringen i EVAK-testen også er relatert til økningen i muskelmassen hos SOF-operatørene. Årsaken til at denne sammenhengen ikke ses ($r=0.075$) er mest sannsynlig på grunn av at de som presterte dårlig på pre-testene fikk en bedre fremgang enn de som presterte bra på pre-testene. Derfor er bedret teknikk trolig en større bidragsyter til fremgangen i EVAK-testen enn økningen i muskelmasse. Den lave statistiske styrken kan også anses som en mulig faktor for at endringen i EVAK-testen ikke kan forklares av endringen i muskelmasse.

5.4.2. Sammenhengen mellom prestasjon i EVAK-testen, og fysiologiske basisressurser og antropometriske data

SOF-operatørene testet EVAK-testen for andre eller tredje gang ved post-test. At SOF-operatørene hadde utført EVAK-testen tidligere er mest sannsynlig hovedårsaken til at korrelasjonene økte ved post-test. I tillegg var min rolle som testleder utdypet tidligere, av betydning. Resultatene viser tydelig at den tilfeldige spredningen i testene er redusert ved post-testene og at det er en fordel med tilvenningstester dersom en skal sammenligne resultatene før og etter en periode med fysisk trening.

De fysiske basisressursene og de antropometriske dataenes sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen viser tydelig at styrke i strekkapparatet i beina og

muskelmasse målt i absolutte verdier er viktig. Trolig er disse sammenhengene sterke fordi man i EVAK-testen jobber mot en tung absolutt motstand gjennom store deler av testen. Sammenhengen mellom vekt og prestasjonen i EVAK-testen er også god. Det betyr likevel ikke at desto mer en veier, desto bedre presterer en i EVAK-testen. Dersom en ser på sammenhengen mellom vekt og fettfri masse, deler disse mye varians ($r=0.93$) og utvalget som er med er relativt homogent og i god form. Derfor er muskelmassen hovedårsaken til ulik vekt. Det kan likevel tenkes at vekt (med alt vev det innebærer) er viktig for å få stor hastighet på den tunge. Høyde var også godt korrelert med EVAK-testen. Dette er mest sannsynlig på grunn av at vekt, høyde og muskelmasse ofte er avhengig av hverandre, spesielt i dette utvalget fordi ingen er overvektige og fettmassen er relativt lik. En annen årsak kan være at høyere personer får dukken i EVAK-testen lenger opp fra bakken og friksjonen mot gulvet blir dermed mindre.

Tidligere ble det også vist at endringen i muskelmasse kan ha vært en årsak til endringen i EVAK-testen. I tillegg til at muskelmassen er en viktig bidragsyter til å utvikle kraft mot den tunge dukken er muskelmassen også bestemmende for hvor mye anaerobt ATP som kan dannes. Vi har lagret omtrent 8 mmol ATP per kg muskelmasse (våt vekt) og 26 mmol kreatinfosfat (CrP) per kg muskelmasse (våt vekt; Baker et al., 2010). Dette ser ut til å være uforandret av treningsstatus (Gastin, 2001). Det kan tenkes at SOF-operatørene er relativt likt trent, noe som tilsier at konsentrasjonen og aktiviteten av glykolytiske enzymer, bufferkapasitet og myofibrillær ATPase aktivitet er relativt lik. Dersom disse antakelsene stemmer vil de absolutte verdiene for ATP produksjon være større for SOF-operatørene med større muskelmasse. Den totale mengden ADP og P_i , som er sentrale i trøtthetsutviklingen, vil også føre til trøtthet raskere hos SOF-operatører med mindre muskelmasse enn de med større muskelmasse, fordi det er konsentrasjonen av disse i muskulaturen som fører til trøtthetsutvikling (Allen et al., 2008).

EVAK-testen er ment til å ha som hovedhensikt å kunne si noe om den anaerobe kapasiteten og det er flere tidligere som har vist lignende sammenhenger mellom anaerob kapasitet, styrke og muskelmasse. Ingen studier har til min kjennskap brukt en test med en ytre absolutt belastning slik

som i EVAK-testen, men gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen. Kin-Insler et al. (2008) fant en moderat sammenheng mellom gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen og isokinetisk kneekstensjon ved 60 °/sek, 150 °/sek og 240 °/sek (henholdsvis $r=0.47$, $r=0.52$ og $r=0.50$). Perez-Gomez et al. (2008) brukte også gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen for å beskrive anaerob kapasitet, men studerte sammenhengen til fettfri masse i beina. Denne studien viste at total fettfri masse i beina (kg) korrelerte godt med gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen ($r=0.73$).

En noe overraskende sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen var maksimalt oksygenopptak. Denne var relativt lik som korrelasjonen med total fettfri masse i DXA og total muskelmasse målt på InBody 720. Selv om det ser ut til at muskelmasse er viktig i tester som prøver å si noe om anaerob kapasitet ble ingen av disse variablene inkludert i regresjonsmodellen for å forklare variansen i EVAK-testen. Ser man på alle korrelasjonsanalysene utført (Vedlegg 3) ser man at maksimalt oksygenopptak (ml/min) deler mye varianse med både total fettfri masse i DXA ($r=0.74$) og muskelmasse i Inbody 720 ($r=0.76$). Grunnen til at maksimalt oksygenopptak viser en relativ lik sammenheng med EVAK-testen er trolig at i tillegg til å representere total muskelmasse eller fettfri masse, inkluderer maksimalt oksygenopptak også den aerobe komponenten til prestasjonen i EVAK-testen. En sammenfatning av mange studier har vist at et utmattende arbeid på rundt varigheten SOF-operatørene brukte på EVAK-testen har en andel aerob energiomsetning på $37 \pm 10\%$ (Gastin, 2001). Dette er en betydelig del av arbeidet utført, og det er derfor ikke unaturlig at maksimalt oksygenopptak har en så god sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen og er inkludert i regresjonsmodellen. Spesielt med tanke på hvor stor sammenheng maksimalt oksygenopptak viser med muskelmasse og fettfri masse. Hvordan den totale muskelmassen bidrar til et høyt absolutt maksimalt oksygenopptak kan ses hos blant annet roere. Data fra over 600 roere viste at de var omtrent 192 cm høye, 88 kg tunge, en fettprosent på ca 10, og kan måle maksimalt oksygenopptak på over 7000 ml/min (Hagerman, 1984).

5.5. Oppsummering Del II: Sammenhengen mellom fysiske basisressurser og antropometriske data med EVAK-testen

Det er mange variabler målt i Del II som settes i sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen. Av disse ser det ut som om vekt, muskelmasse, styrke og effektutvikling i strekkapparatet i beina og maksimalt oksygenopptak i absolutte verdier er blant de viktigste. Vekt og muskelmasse kan tenkes å representere det samme i denne oppgaven, og er trolig viktig på grunn av den store ytre motstanden i EVAK-testen. Viktigheten av styrke og effektutvikling i strekkapparatet i beina kan tenkes å være viktig av samme grunn. Maksimalt oksygenopptak deler mye varians med muskelmasse, men den er også med på å sette lys på viktigheten av det aerobe energibidraget i testen. Det aerobe energibidraget kan ikke ses bort ifra i EVAK-testen og er estimert til å bidra med $37 \pm 10\%$. Endringer i variablene over tid viser ingen klar sammenheng med prestasjonen i EVAK-testen i denne oppgaven. Dette er trolig et resultat av utvalget som testes og mulighetene det var til tilvenning før pre-testene. Den lave statistiske styrken kan også anses å bidra til dette. Dersom en gransker resultatene nærmere ser det likevel ut til at økningen i muskelmasse kan være med å forklare noe av økningen i prestasjonen i EVAK-testen.

6 Konklusjon – Del I og Del II

Ved hjelp av flere statistiske metoder kan EVAK-testen anses å være en reliabel test dersom de som utfører den får minst ett tilvenningsforsøk og føringer på hvordan den skal utføres teknisk. At EVAK-testen er valid som en anaerob kapasitetstest er vanskeligere å konkludere med. Grunnen til det er den irregulære bruken av termen anaerob kapasitet i litteraturen og mangel på en gullstandardtest som måler anaerob kapasitet. Om man likevel antar at Wingate-testen, 300 m løp og maksimalt oksygenunderskudd er de mest valide testene for å si noe om anaerob kapasitet per dags dato, og den maksimale laktatkonsentrasjonen i blod etter et maksimalt arbeid kan si noe om andelen anaerob glykolytisk energiomsetning, synes det rimelig å si at EVAK-testen er en valid anaerob kapasitetstest ut ifra rammene satt ovenfor.

SOF-operatørers yrke krever i ulike situasjoner at et stort arbeid skal utføres med varierende ytre absolutte belastninger i løpet av en kort tidsperiode. Derfor er anaerob kapasitet et av mange viktige fysiske arbeidskrav for SOF-operatører. EVAK-testens hensikt er å reflektere den anaerobe kapasiteten som kan «tømmes» i slike tenkte situasjoner og SOF-operatørene mener selv også at EVAK-testen reflekterer en viktig spesifikk testsituasjon og arbeidsmåte. EVAK-testen viser en god sammenheng til variabler som er viktig for den anaerobe kapasiteten (blant annet muskelmasse), og viser også sammenheng med prestasjonen i tester som ikke har en så stor ytre absolutt belastning.

Med bakgrunn i EVAK-testens reliabilitet, validitet som anaerob kapasitetstest, samt dens logiske validitet, er EVAK-testen vurdert som en god test for norske spesialstyrker. Sammenhengen EVAK-testen viser til andre tester og ulike fysiologiske variabler kan også være med på å gi informasjon til spesialstyrkene om hva som kreves for å prestere i en situasjon der et stort arbeid skal utføres i løpet av en relativt kort tidsperiode med varierende belastninger. Dette kan bidra positivt i utviklingen av retningslinjer i forhold til fysisk trening som er rettet mot spesialstyrkers fysiske arbeidskrav.

V: Referanser

Alberts, B. (2010). *Essential Cell Biology*. New York: Garland Science.

Alemdaroglu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J.Hum.Kinet.*, 31, 149-158.

Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev.*, 88, 287-332.

Altman, D. G. & Bland, J. M. (1983). Measurement in Medicine - the Analysis of Method Comparison Studies. *Statistician*, 32, 307-317.

Army Command and General Staff College (2000). *Special Operations Forces Reference Manual*.

Army Physical Fitness School (2010). *TC 3-22.20: Army Physical Readiness Training*.

Atkinson, G. & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.*, 26, 217-238.

Baker, J. S., McCormick, M. C., & Robergs, R. A. (2010). Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. *J.Nutr.Metab*, 2010, 905612.

Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., Juel, C., Kiens, B., Mizuno, M. et al. (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J.Physiol*, 422, 539-559.

Bangsbo, J., Michalsik, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int.J.Sports Med.*, *14*, 207-213.

Bangsbo, J. (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.*, *30*, 47-52.

Bangsbo, J., Krstrup, P., Gonzalez-Alonso, J., & Saltin, B. (2001). ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *Am.J.Physiol Endocrinol.Metab*, *280*, E956-E964.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J.Appl.Physiol*, *80*, 876-884.

Boobis, L., Williams, C., & Wootton, S. A. (1983). Human-Muscle Metabolism During Brief Maximal Exercise. *Journal of Physiology-London*, *338*, 21-22.

Calbet, J. A., Chavarren, J., & Dorado, C. (1997). Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and a 45-s Wingate test. *Eur.J.Appl.Physiol Occup.Physiol*, *76*, 308-313.

Cardinale, M., Newton, R., & Nosaka, K. (2011). *Strength and Conditioning: Biological Principals and Practical Applications*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

Delecluse, C., Roelants, M., Diels, R., Koninckx, E., & Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int.J.Sports Med.*, *26*, 662-668.

Denis, C., Linossier, M. T., Dormois, D., Padilla, S., Geysant, A., Lacour, J. R. et al. (1992). Power and Metabolic Responses During Supramaksimal

Exercises in 100-m and 800-m runners. *Scandinavian Journal of Medicine And Science in Sports*, 2, 62-69.

Doherty, M., Smith, P. M., & Schroder, K. (2000). Reproducibility of the maximum accumulated oxygen deficit and run time to exhaustion during short-distance running. *J.Sports Sci.*, 18, 331-338.

Enoksen, E., Tonnessen, E., & Shalfawi, S. (2009). Validity and reliability of the Newtest Powertimer 300-series (R) testing system. *Journal of Sports Sciences*, 27, 77-84.

Evans, J. A. & Quinney, H. A. (1981). Determination of resistance settings for anaerobic power testing. *Can.J.Appl.Sport Sci.*, 6, 53-56.

Froelicher, V. F., Jr., Brammell, H., Davis, G., Noguera, I., Stewart, A., & Lancaster, M. C. (1974). A comparison of the reproducibility and physiologic response to three maximal treadmill exercise protocols. *Chest*, 65, 512-517.

Frøyd, C., Sæterdal, R., & Wisnes, A. R. (2005). *Utholdenhet: Trening som gir resultater*. Oslo: Akilles Forlag.

Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J.Appl.Physiol*, 75, 712-719.

Gastin, P. B. (1994). Quantification of Anaerobic Capacity. *Scandinavian Journal of Medicine And Science in Sports*, 4, 91-112.

Gastin, P. B. & Lawson, D. L. (1994). Variable resistance all-out test to generate accumulated oxygen deficit and predict anaerobic capacity. *Eur.J.Appl.Physiol Occup.Physiol*, 69, 331-336.

Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.*, 31, 725-741.

Green, S. & Dawson, B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med.*, 15, 312-327.

Green, S. (1995). Measurement of anaerobic work capacities in humans. *Sports Med.*, 19, 32-42.

Hachana, Y., Attia, A., Nassib, S., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2012). Test-retest reliability, criterion-related validity, and minimal detectable change of score on an abbreviated Wingate test for field sport participants. *J.Strength.Cond.Res.*, 26, 1324-1330.

Hagerman, F. C. (1984). Applied physiology of rowing. *Sports Med.*, 1, 303-326.

Hammersmark, J. I. (2010). *Utviklingen av Norske Spesialstyrker: Symbolikk eller Nytteverdi?* Forsvarets stabsskole.

Hargreaves, M. & Spriet, L. (2006). *Exercise Metabolism*. (2nd ed.) United States of America: Human Kinetics Inc.

Hasegawa, Y., Ijichi, T., Morishima, T., Sasaki, H., Kageta, T., Mori, A. et al. (2012). Time Course Changes in Anaerobic Power During Daily 2 Week Sprint-Training Followed By Short-Term Detraining. In H. Wiig, T. Raastad, J. Hallen, J. Boisen-Møller, G. Paulsen, O. Seynnes, T. Krosshaug, T. S. Nilsen, & I. Garthe (Eds.), *8th International Conference on Strength Training* (pp. 214-215).

Helander, I., Westerblad, H., & Katz, A. (2002). Effects of glucose on contractile function, $[Ca^{2+}]_i$, and glycogen in isolated mouse skeletal muscle. *Am.J.Physiol Cell Physiol*, 282, C1306-C1312.

Holcomb, J. B., McMullin, N. R., Pearse, L., Caruso, J., Wade, C. E., Oetjen-Gerdes, L. et al. (2007). Causes of death in U.S. Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001-2004. *Ann.Surg.*, 245, 986-991.

Hollander, D. B., Kraemer, R. R., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., Francois, M. et al. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *J.Strength.Cond.Res.*, 21, 34-40.

Hopkins, W. G. (2000). A New View on Statistics.
Ref Type: Online Source

Hultman, E. & Sjöholm, H. (1983). Energy metabolism and contraction force of human skeletal muscle in situ during electrical stimulation. *J.Physiol*, 345, 525-532.

Hultman, E. & Sjöholm, H. (1983). Substrate Availability. In H.G.Knuttgén, J. A. Vogel, & J. Poortmans (Eds.), *Biochemistry of Exercise* (pp. 63-75).
Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*.
United States: Human Kinetics.

Katch, V., Weltman, A., Martin, R., & Gray, L. (1977). Optimal test characteristics for maximal anaerobic work on the bicycle ergometer. *Res.Q.*, 48, 319-327.

Kavanagh, M. F. & Jacobs, I. (1988). Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate Test. *Can.J.Sport Sci.*, 13, 91-93.

Kim, J., Cho, H. C., Jung, H. S., & Yoon, J. D. (2011). Influence of performance level on anaerobic power and body composition in elite male judoists. *J.Strength.Cond.Res.*, 25, 1346-1354.

Kin-Isler, A., Ariburun, B., Ozkan, A., Aytar, A., & Tandogan, R. (2008). The Relationship Between Anaerobic Performance, Muscle Strength and Sprint Ability in American Football Players. *Isokinetics and Exercise Science*, 16, 87-92.

Knipscher, B. W. (2010). *THOR3: Humans Are More Important Than Hardware*. Naval Postgraduate School, Monterey, California.

Kotwal, R. S., Montgomery, H. R., Kotwal, B. M., Champion, H. R., Butler, F. K., Jr., Mabry, R. L. et al. (2011). Eliminating preventable death on the battlefield. *Arch.Surg.*, 146, 1350-1358.

Kraemer, W. J. & Szivak, T. K. (2012). Strength training for the warfighter. *J.Strength.Cond.Res.*, 26 Suppl 2, S107-S118.

MacDougall, J. D., Wenger, H. A., & Green, H. J. (1990). *Physiological Testing of The High-Performance Athlete*. USA: Human Kinetics Books.

Maud, P. J. & Shultz, B. B. (1986). Gender comparisons in anaerobic power and anaerobic capacity tests. *Br.J.Sports Med.*, 20, 51-54.

Maughan, R. J., Gleeson, M., & Greenhaff, P. L. (1997). *Biochemistry of Exercise and Training*. New York: Oxford University Press.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. Baltimor, Maryland: Lippincott Williams & Wilkins.

Medbo, J. I. & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 22, 501-507.

Medbo, J. I. & Tabata, I. (1993). Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J.Appl.Physiol*, 75, 1654-1660.

Melien, T. J. (2012). *Våre Hemmelige Soldater: Norske Spesialstyrker 1940 - 2012*. Oslo: Spartacus Forlag.

Miguel, P. J. P. & Reis, V. M. M. (2004). Speed Strength Endurance and 400m Performance. *New Studies in Athletics*, 19, 39-45.

Morrow, J. R., Jr. & Jackson, A. W. (1993). How "significant" is your reliability? *Res.Q.Exerc.Sport*, 64, 352-355.

NATO (2009). *Allied Joint Doctrine For Special Operations*.

Noordhof, D. A., de Koning, J. J., & Foster, C. (2010). The maximal accumulated oxygen deficit method: a valid and reliable measure of anaerobic capacity? *Sports Med.*, 40, 285-302.

O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for Sport and Exercise Studies*. New York: Routledge.

Olesen, H. L. (1992). Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. *J.Appl.Physiol*, 73, 1130-1134.

Owen, M. (2013). *No Easy Day*. London: Penguin Books Ltd.

Patton, J. F., Murphy, M. M., & Frederick, F. A. (1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int.J.Sports Med.*, 6, 82-85.

Pemrick, M. D. (1999). *Physical Fitness and The 75th Ranger Regiment: The Components of Physical Fitness and the Ranger Mission*. US Army Command and General Staff College, Fort Leavenworth, Kansas.

Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., Gonzalez-Henriquez, J. J. et al. (2008). Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *Eur.J.Appl.Physiol*, 102, 685-694.

Prusaczyk, W. K., Stuster, J. W., Goforth Jr, H. W., Smith, T. S., & Meyer, L. T. (1995). *PHYSICAL DEMANDS OF U.S. NAVY SEA-AIR-LAND (SEAL) OPERATIONS* San Diego: Naval Health Research Center.

Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening: I Teori og Praksis*. (1 ed.) Oslo: Gyldendal Undervisning.

Reilly, T. (1996). Energetics of High Intensity Exercise (soccer) with Particular Reference to Fatigue. *Jorunal of Sports Sciences*, 15, 257-263.

Reilly, T., Olinek, S., & Driscoll, C. (2011). A New Battlefield Fitness Test Which Captures the Physical Demands of Conducting Operations in the Urban Environment. In K. Häkkinen, H. Kyröläinen, & R. Taipale (Eds.), *2nd International Congress on Soldiers' Physical Performance* (pp. 80).

Rhea, M. R., Alvar, B. A., & Gray, R. (2004). Physical fitness and job performance of firefighters. *J.Strength.Cond.Res.*, 18, 348-352.

Robertsen, T. (2007). Making New Ambitions Work. *Defence and Security Studies*, 7-98.

Sahlin, K. & Henriksson, J. (1984). Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiol Scand.*, 122, 331-339.

Sheaff, A. K., Bennett, A., Hanson, E. D., Kim, Y. S., Hsu, J., Shim, J. K. et al. (2010). Physiological determinants of the candidate physical ability test in firefighters. *J.Strength.Cond.Res.*, *24*, 3112-3122.

Silk, A. J., Holmes, R. J., & Billing, D. C. (2011). Analysis of Dismounted Tactical Movements Using Soldier-Worn GPS Technology. In K. Häkkinen, H. Kyröläinen, & R. Taipale (Eds.), *2nd International Congress on Soldiers' Physical Performance* (pp. 178).

Skinner, J. S. & O'Connor, J. (1987). Wingate Test: Cross-sectional and longitudinal analysis. *Med.Sci.Sports Exerc.*, *19*.

Sloniger, M. A., Cureton, K. J., Prior, B. M., & Evans, E. M. (1997). Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *J.Appl.Physiol*, *83*, 262-269.

Smith, D. L. (2011). Firefighter Fitness: Improving Performance and Preventing Injuries and Fatalities. *American College of Sports Medicine*, *10*, 167-172.

Smith, J. C. & Hill, D. W. (1991). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *Br.J.Sports Med.*, *25*, 196-199.

Spencer, M. R. & Gustin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med.Sci.Sports Exerc.*, *33*, 157-162.

Spriet, L. L. (1992). Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity. *Can.J.Physiol Pharmacol.*, *70*, 157-165.

Stadheim, H.-C. (2011). *Caffeine and Poling in Cross-Country Skiing: Endurance Performance After Ingestion of 6 mg x kg⁻¹ caffeine*. Norwegian School Of Sports Science.

- Thorland, W. G., Johnson, G. O., Cisar, C. J., Housh, T. J., & Tharp, G. D. (1987). Strength and anaerobic responses of elite young female sprint and distance runners. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 19, 56-61.
- Tofte, S. & Walle, B. (2013). *Kroppssammensetning målt med iDXA og InBody 720*. Norwegian School of Sports Science.
- Vandewalle, H., Peres, G., & Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.*, 4, 268-289.
- Veliz, C., Montgomery, H., & Kotwal, R. (2010). Ranger first responder and the evolution of tactical combat casualty care. *J.Spec.Oper.Med.*, 10, 90-91.
- Vollestad, N. K. & Sejersted, O. M. (1988). Biochemical correlates of fatigue. A brief review. *Eur.J.Appl.Physiol Occup.Physiol*, 57, 336-347.
- Ward-Smith, A. J. (1999). Aerobic and anaerobic energy conversion during high-intensity exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 31, 1855-1860.
- Weber, C. L. & Schneider, D. A. (2001). Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 33, 1056-1059.
- Westerblad, H., Allen, D. G., & Lannergren, J. (2002). Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News Physiol Sci.*, 17, 17-21.
- Weyand, P. G., Cureton, K. J., Conley, D. S., & Higbie, E. J. (1993). Peak oxygen deficit during one- and two-legged cycling in men and women. *Med.Sci.Sports Exerc.*, 25, 584-591.

Zagatto, A. M., Beck, W. R., & Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J.Strength.Cond.Res.*, 23, 1820-1827.

Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology*. (4th ed.) Champaign, IL: Human Kinetics.

VI: Tabelloversikt

Tabell 2.1: "Warrior tasks" og "Battle drills" og tilhørende mulige bevegelsesmønstre som må utføres for å gjennomføre de ulike oppgavene (TC 3.22-20, 2010).....	17
Tabell 2.2: Oversikt over fysiske arbeidskrav som kan stilles til de ulike bevegelsesmønstrene som er oppført i Tabell 2.1 (TC 3-22.20, 2010)	17
Tabell 2.3: Oversikt over åtte fysisk krevende oppgaver som ofte blir utført i oppdragene til 75th Ranger Regiment (Pemrick, 1999)	18
Tabell 2.4: Oversikt over ulike militærspesifikke tester og brannmannstester .	20
Tabell 2.5: Estimert anaerobt og aerobt energibidrag ved utmattende arbeid med forskjellig varighet. Tabellen er hentet fra og basert på Tabell I og Figur 2 i Gustin (2001).....	29
Tabell 3.1: Karakteristikk av FP i validerings- og reproduktibilitetsstudien. Verdiene er vist i gjennomsnitt og standard avvik.	48
Tabell 3.2: Beskrivelse av SOF-operatørene som ble inkludert i oppgaven. Verdiene er gitt i gjennomsnitt ± standard avvik.	58
Tabell 4.1: Prestasjon målt i tid på å gjennomføre testen, høyestes oppnådde hjertefrekvens (HF_{peak}), og laktatkonsentrasjon i blod ($[La^-]_{peak}$) og subjektiv grad av anstrengelse gitt på en Borgs skala under EVAK-testen på de tre testdagene. Verdiene er vist i gjennomsnitt ± standard avvik.....	67
Tabell 4.2: Oversikt over prestasjonsvariablene (gjennomsnittlig og maksimalt effekt), HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala på Wingate-testen	68
Tabell 4.3: Prestasjon målt i tid, HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og subjektiv grad av anstrengelse på Borgs skala på 300m løp	68
Tabell 4.4: Oversikt over prestasjonsvariablene (tid til utmattelse, oksygenunderskudd) VO_{2maks} , HF_{peak} , $[La^-]_{peak}$ og Borgs skala på VO_{2maks} -testen og MAOD-testen.....	69

Tabell 4.5: Pre- og post test verdier for EVAK-test, beinpress, isokinetisk kneekstensjon, maksimal effekt i svikthopp (CMJ), maksimalt oksygenopptak, vekt og muskelmasse..... 73

VII: Figuroversikt

Figur 2.1: Den maksimale hastigheten på ATP-omsetningen til de ulike energiomsetningsystemene. (Baker et al., 2010)	26
Figur 2.2: Oppsummering av litteratur som viser den relative aerobe energiomsetningen under maksimalt arbeid med forskjellig varighet. 95 % konfidensintervall (indre delvise linjer) og 95 % prediksjons intervall (ytre delvise linjer) er vist ($r^2=0,96$). Hentet fra Gustin (2001).....	29
Figur 2.3: Beskrivelsen av forholdet mellom anaerob kapasitet og anaerob arbeidskapasitet slik Green & Dawson (1993) beskriver det.	35
Figur 2.4: Det individuelle forholdet mellom løpshastighet og oksygenopptak avhengig av om oksygenopptaksmålingene er gjort mellom 4-6 minutter eller 8-10 minutter (Bangsbo, 1998).....	38
Figur 3.1: Skjematisk oversikt over hvilke tester som ble utført på de ulike testdagene.....	49
Figur 3.2: Skjematisk oversikt over EVAK-testen	51
Figur 3.3: FP trekker dukken (venstre bilde) og blodprøver blir tatt for å måle laktatkonsentrasjonen etter testen (høyre bilde).....	52
Figur 3.4: Eksempel på den nær lineære sammenhengen mellom oksygenopptak og belastning på to FP med i Del I, og hvordan økende belastning kan endre arbeidsøkonomien.....	55
Figur 3.5: Tidslinjen for testing og trening i prosjektet	59
Figur 3.6: En FP blir gjort klar til å utføre isokinetiske målinger.....	61
Figur 3.7: Forsøksleder gjør klar FP til å måle kroppssammensetningen på InBody 720	62
Figur 3.8: FP blir justert inn i beinpressmaskinen slik at vinklene i hofte og kneledd er korrekt i løftet.....	64
Figur 3.9: Illustrasjon av spørreskjemaet SOF-opreatørene svarte på.	65
Figur 4.1: Tid på gjennomføring av EVAK-testen på de ulike testdagene for hver enkelt forsøksperson (stiplet linje) og gjennomsnittet (heltrukket linje).....	66

Figur 4.2: Bland-Altman plot av EVAK-testen på T1 og T2 med og uten uteliggeren (A og C), og T2 og T3 med og uten uteliggeren (B og D).	67
Figur 4.3: Sammenhengen mellom prestasjon i EVAK-testen på T3 og vekt (A), maksimalt oksygenopptak målt i milliliter (B) og produsert effekt i countermovement-jump (C).....	70
Figur 4.4: Scatterplot og sammenhengen mellom EVAK-testen på T3 og prestasjonsvariablene i Wingate testen (A og B), 300m løp (C), MAOD-testen (D) og effektutvikling per sekund på 300m løp (E).	71
Figur 4.5: Gjennomsnittlig rang i gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen (WG), 300m løp (300m) og oksygenunderskuddstesten (MAOD) mot gjennomsnittlig rang i EVAK-testen på T2 og T3.....	71
Figur 4.6: Oppsummering av hva SOF-operatørene selv følte hemmet dem under gjennomføringen av EVAK-testen.	72
Figur 4.7: Oppfattelsen av EVAK-testen fra SOF-operatørene, som arbeidsform og spesifikk test-situasjon.....	72
Figur 4.8: Scatterplot av forbedring fra pre- til post-tester mot pre-test gjennomføringen av EVAK-testen	74
Figur 4.9: Sammenhengen mellom antropometri og prestasjon i EVAK-testen for SOF-operatørene ved pre-tester (venstre kolonne) og post-tester (høyre kolonne)	75
Figur 4.10: Sammenhengen mellom beinpress, isokinetisk styrke, maksimalt oksygenopptak og maksimal effektutvikling, og prestasjon i EVAK-testen for SOF-operatørene ved pre-tester (venstre kolonne) og post-tester (høyre kolonne)	76

VIII: Vedlegg

Vedlegg 1: Informasjonsskriv

Forespørsel om deltakelse som forsøksperson

Validering og reliabilitetstesting av en ny anaerob kapasitetstest for Forsvaret

Dette skrivet er til alle potensielle forsøkspersoner. Det betyr at vi ber om din deltakelse dersom du oppfyller kriteriene for deltakelse: Du må være mann (18 – 40 år), trent styrke og utholdenhetstrening regelmessig de siste 6 mnd, vurdere deg selv som i god fysisk form og ikke ha noen skader. Dersom du oppfyller disse kriteriene er du klarert for inklusjonstestene. Disse er 1RM beinpress, svikthopp og en hurtighetstest. Denne "screeningen" gjøres for å få et utvalg som er representativt for soldater i Forsvaret. Klarer du disse er du velkommen som forsøksperson.

Bakgrunn og hensikt med forsøket.

NIH har innledet et samarbeidsprosjekt med Forsvaret der målet er å utvikle et mer helhetlig treningsopplegg for å optimalisere soldatenes fysiske form i forhold til de krav som stilles i tjenesten. I forbindelse med dette prosjektet er det blitt utviklet en ny, "jobbspesifikk", evakueringstest (EVAK-test). Denne testen er ment å primært utfordre den anaerobe kapasiteten. Siden den er nyutviklet til dette prosjektet er vi ikke sikre på om det er en reliabel test eller valid som en anaerob kapasitetstest. Forsøkets hensikt er derfor å teste dette ved å sammenligne EVAK-testen med tre andre, mer etablerte anaerob kapasitetstester; Wingate-, 300m løps- og O₂underskudds-test.

Gjennomføring av forsøket

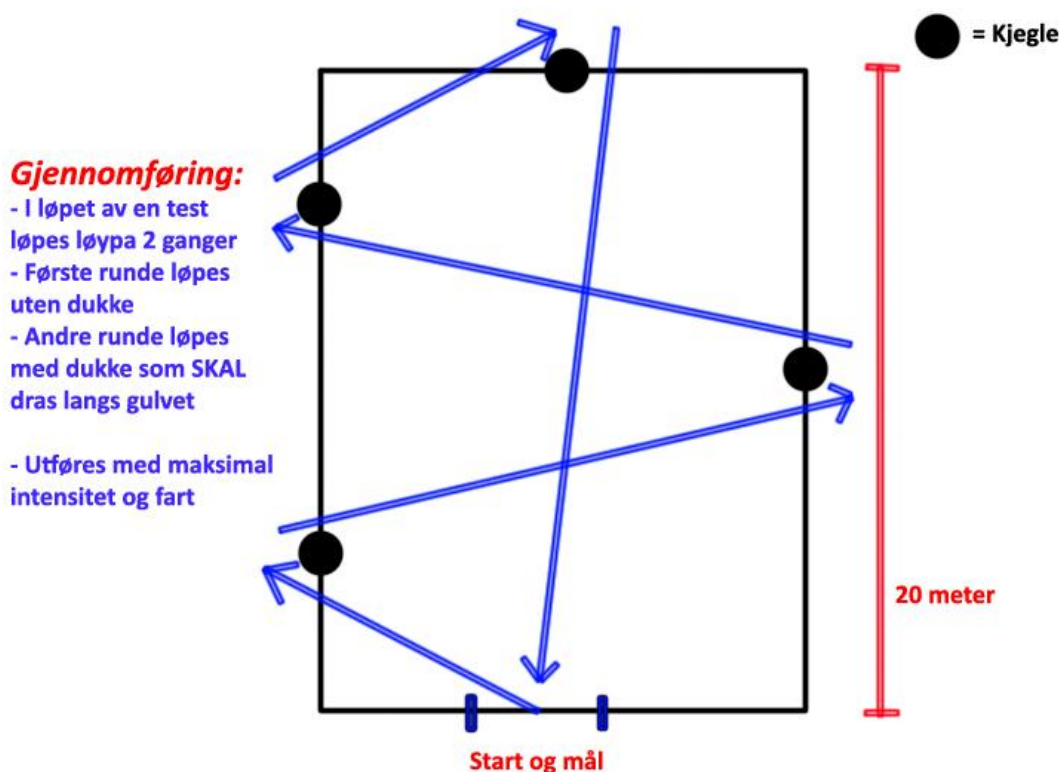
I løpet av testperioden må du møte til testing minst 6 ganger. I figuren under kan du se hva som testes de ulike dagene og hvor lang tid hver testdag vil ta. Tidspunkter avtales individuelt. Testene er beskrevet i mer detalj under.



Den første gangen du møter til testing vil vi teste 1RM i beinpress, svikthopp og hurtighetstesten for å sikre oss at du oppfyller inklusjonskriteriene. Dersom du gjør det vil vi også bruke denne testdagen til å tilvenne deg EVAK-testen og Wingate-testen. Wingate-testen gjennomføres ved å sykle alt du klarer i 30 sekunder på en viss relativ belastning. Tilvenningstestene er viktige for at du skal være kjent med testene slik at vi kan stole på resultatene i større grad. De resterende fire testdagene vil bli brukt til å teste de ulike anaerob-kapasitetstestene.

Testdag 2 og 3: EVAK-testen

Et overblikk over hvordan EVAK-testen utføres kan sees i figuren under. Løypen går innenfor en "bane" på 10x20m, der start og mål er på midten av den ene kortsiden. Det er plassert en kjele på venstre langsida ved 5 og 15m, og en på høyre langsida ved 10m. Kjeglen på 20m er plassert midt mellom hver ytterkant av banen. Før gjennomføringen av testen blir du utstyrt med en pulsklokke og pulsband for å måle hjertefrekvensen (HF) under testen.



Oppvarmingen til EVAK-testen består av 7 minutter rolig jogg der du ikke skal overstige nivå 11 på Borgs skala (Vedlegg 1). Den siste delen av oppvarmingen er en rolig gjennomføring av dukketrekkingen i testen. Duketrekkingen her skal ikke overstige nivå 15 på Borgs skala.

En gjennomføring av EVAK-testen er to runder i banen. Starten går på ditt eget initiativ. Du løper sikk-sakk med maksimal intensitet mellom kjeglene, og når du har passert kjeglen ved 20 m skal du løpe direkte ned til start/mål. På den andre runden skal FP trekke en dukke som er iført platebærer (militær stridsvest med skuddsikre plater) og veier ca 85 kg tilsammen. Dukkan skal trekkes samme runden som du først hadde løpt. Det er kun lov til å trekke dukkan. Dersom du er borti noen av kjeglene på noen slags måte blir testen avbrutt og du må ta den om igjen.

Når du er ferdig med testen skal du legge deg ned på en matte for å sjekke hvor høyt laktatnivåene i blodet ditt blir. Dette gjøres ved et fingerstikk slik at vi kan samle noen dråper blod i små rør for så å analysere det i en laktatanalysator. Dette vil vi gjøre hvert minutt inntil verdiene avtar. Når vi har funnet den høyeste laktatkonsentrasjonen i blodet er du ferdig.

Testdag 4: Wingate-testen

Et sykkelergometer blir brukt i Wingate-testen. Før oppvarmingen blir du utstyrt med samme pulsmåler som i EVAK-testen og sykkelsko. Når sykkelen er ferdig innstilt til deg starter en rolig oppvarming. Oppvarmingen består av 7 min rolig sykling, etterfulgt av 2 korte sprinter med varighet på 3-5 sekunder.

To-tre minutter etter oppvarmingen starter testen. Du starter å sykle så fort som mulig mot ingen/veldig liten motstand. Når du er kommet opp i maksimal frekvens blir den fulle motstanden påført og selve 30-sekunderstesten startet. Etter denne testen må du også legge deg ned på en matte for å måle laktatkonsentrasjonen i blodet på samme måte som på testdag 2 og 3. Når den høyeste laktatkonsentrasjonen er nådd, er du ferdig, men det mulig å sykle ut på lett motstand om ønskelig.

Testdag 5: 300 m løpstest

300 m løpstesten blir utført på friidrettsbanen, utendørs på NIH. Her må du bruke vanlige joggesko. Oppvarmingen er som følger: 7 min rolig jogg ikke over nivå 11 på Borgs skala, etterfulgt av 2-3 løpsdrag med litt større hastighet og en hel 300 m på ca.85-90% av maks for å bli komfortabel med å løpe 300 m testen. Deretter er det 10 minutter hvile før selve testen starter.

Testen består av å løpe 300 m med maksimal innsats fra start. Du får her som i de to andre testene en pulsklokke på deg og etter testen må du også ta laktatprøver slik som i de foregående testene.

Testdag 6: VO_{2maks} og O₂-underskuddstest.

Denne testdagen brukes på fysiologilaboratoriet ved NIH og testen skal løpes på tredemølle. Du vil også her bli utstyrt med pulsklokke. I tillegg blir du utstyrt med et munnstykke som du puster igjennom for å måle oksygenopptaket ditt. Oppvarmingen består av 4x4 minutter løp med en pause på ca. 1 minutt mellom hvert 4-minuttersdrag. For hvert løpsdrag økes hastigheten med 1 km/t. Når du er ferdig med oppvarmingen får du en liten pause før VO_{2maks}-testen starter.

VO_{2maks}-testen er en trappetrinnstest som normalt varer i 4-6 minutter. Du vil starte på en viss hastighet og for hvert minutt som går øker hastigheten med 1 km/t dersom du klarer det inntil du ikke klarer å løpe lenger. Da har vi funnet ditt maksimale oksygenopptak og maksimale hjertefrekvens. Deretter vil du få en 20 minutters pause.

Etter pausen skal du utføre oksygenunderskuddstesten. På bakgrunn av de fire dragene du kjørte i oppvarmingen får vi regnet ut en hastighet som tilsvarer 110% av ditt maksimale oksygenopptak. I oksygenunderskuddstesten skal du løpe på denne hastigheten så lenge du klarer. Etter denne testen vil vi også måle laktatkonsentrasjonen i blodet ditt for hvert minutt inntil den høyeste laktatkonsentrasjonen er funnet.

Mat- og væske-inntak før testene

Ditt siste måltid må inntas 2,5 – 3 timer før testene. I timene etter dette siste måltidet er det kun tillatt å drikke vann. For å sikre at ulikt mat og væskeinntak ikke ville ha et utslag på testene må du fylle ut et skjema med hva du hadde drukket og spist den dagen du er inne til første testing. Dette blir gjort rett før testingen begynner. Dette skjemaet får du en kopi av slik at du husker dette til neste testdag. På de neste testdagene må du spise og drikke det samme som du gjorde til første testdag. Du må fylle ut et nytt skjema også på de andre testdagene slik at det var mulig å sammenligne mat- og væskeinntaket i etterkant.

Aktivitet og trening under dagene før hver testdag

Det er ikke tillatt å trene tung styrketrening eller høyintensitets utholdenhetstrening de siste 48 timene før hver test. Du kan derimot trene med lav intensitet. Før hver test må du fylle ut et skjema der du svarer på hva slags trening du har utført de siste to dagene, samt varighet og intensitet på denne. Treningen skal aller helst være så lik som mulig de to siste dagene før testdager.

Eventuelle ulemper ved å delta i forsøket

Deltakelse i prosjektet krever en del tid og oppmerksomhet. I tillegg skal alle testene med unntak av den første testdagen utføres med maksimal intensitet. Dette medfører en viss risiko for skader og stølhet i muskulaturen.

Restriksjonene på fysisk aktivitet de siste 48 timene før testdagene og kostholdsrestriksjonene kan være litt slitsomt og krever at du er motivert til å delta.

Blodprøvetakingen i fingeren kan medføre noe ubehag for noen.

Personvern

All informasjon om deg vil kun bli lagret under ditt forsøksnummer. Underveis i forsøket vil vi oppbevare en kodeliste med navn og forsøkspersonnummer. Denne listen vil fysisk være låst inn slik at det kun er forskerne tilknyttet studien som har adgang til denne. Alle som får innsikt i informasjon om deg har taushetsplikt. Når alle data er samlet inn vil kodelisten destrueres og dataene vil da være anonymisert.

Innsynsrett og oppbevaring av materiale

Hvis du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsikt i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert.

Informasjon om utfallet av studien

Dersom dette er ønskelig bes du å ta kontakt med Andreas Angeltveit (kontaklinformasjon under) etter 01. juni 2013.

Forsikring

Norges idrettshøgskole er en statlig institusjon og er således selvassurandør.

Publisering

Resultatene vil bli publisert i en mastergradavhandling og også muligens i internasjonale, fagfellevurderte tidsskift. Artiklene kan tilsendes om ønskelig og masteravhandlingen kan leses ved NIH's bibliotek.

Samtykke

Hvis du har lest gjennom informasjonsskrivet og ønsker å delta som forsøksperson i prosjektet ber vi deg underskrive "Samtykke om deltakelse" på neste side og levere dette til kontaktpersonen nevnt under. Du bekrefter da at du har lest informasjonsskrivet og fått en kopi av dette.

Det er frivillig og delta og du kan når som helst trekke deg fra prosjektet uten videre begrunnelse. Alle data vil, som nevnt før, bli avidentifisert før de blir lagt inn i en database og senere anonymisert.

Dersom du ønsker flere opplysninger kan du ta kontakt med Andreas Angeltveit: E-post: a_angelt@live.com, tlf: 41552702

Vennlig hilsen

Andreas Angeltveit

Masterstudent, Norges Idrettshøgskole

Samtykke om deltakelse

Jeg har gjort meg kjent med innholdet i informasjonsskrivet ” **Validering og reliabilitetstesting av en ny anaerob kapasitetstest for Forsvaret**” og ønsker å delta som forsøksperson i prosjektet.

Navn:.....

E-post:.....

Tlf:.....

Dato:.....

Sted:.....

Signatur:.....

Signatur og dato av prosjektmedarbeider:.....

Borgs skala

- *Subjektiv følelse av anstrengelse*

Nivå	Følt anstrengelse
6	Hvile
7	Svært lett
8	
9	Meget lett
10	
11	Ganske lett
12	
13	
14	Litt anstrengende
15	
16	Hardt
17	
18	Meget hardt
19	
20	Ekstremt hardt!
	Maksimalt anstrengende!

Vedlegg 3: Korrelasjonsanalyser

Korrelasjoner ved pre-tester

		Tid EVAK-test (s)	Beinpress	Isokinetisk ekstensjon høyre bein	Isokinetisk ekstensjon venstre bein	Maksimal effektutvikling i CMJ	Maksimalt oksygenopptak	Vekt	Muskelmasse i InBody 720	Høyde
Tid EVAK-test (s)	r	1	-,417	-,144	-,339	-,505	-,403	-,423	-,403	-,303
	p		,009	,403	,043	,001	,012	,008	,012	,065
Beinpress	r		1	,591	,643	,707	,264	,526	,430	,053
	p			,000	,000	,000	,110	,001	,007	,753
Isokinetisk ekstensjon høyre bein	r			1	,795	,466	,287	,478	,372	,236
	p				,000	,005	,089	,003	,025	,166
Isokinetisk ekstensjon venstre bein	r				1	,499	,362	,488	,408	,325
	p					,002	,030	,003	,013	,053
Maksimal effektutvikling i CMJ	r					1	,400	,751	,713	,324
	p						,014	,000	,000	,051
Maksimalt oksygenopptak	r						1	,653	,727	,587
	p							,000	,000	,000
Vekt	r							1	,917	,633
	p								,000	,000
Muskelmasse i InBody 720	r								1	,691
	p									,000
Høyde	r									1
	p									

Korrelasjoner ved post-test

		Tid EVAK-test (s)	Beinpress	Isokinetisk ekstensjon høyre bein	Isokinetisk ekstensjon venstre bein	Maksimal effektutvikling i CMJ	Maksimalt oksygenopptak	Vekt	Muskelmasse i InBody 720	Høyde	Total fettfri masse i DXA
Tid EVAK-test (s)	r	1	-,423	-,514	-,576	-,559	-,722	-,816	-,742	-,663	-,739
	p		,056	,020	,008	,008	,000	,000	,000	,001	,000
Beinpress	r		1	,364	,467	,690	,375	,596	,596	,099	,627
	p			,115	,038	,001	,094	,004	,004	,669	,002
Isokinetisk ekstensjon høyre bein	r			1	,771	,446	,242	,474	,430	,199	,451
	p				,000	,049	,304	,035	,059	,401	,046
Isokinetisk ekstensjon venstre bein	r				1	,525	,298	,557	,555	,514	,578
	p					,017	,202	,011	,011	,020	,008
Maksimal effektutvikling i CMJ	r					1	,403	,592	,616	,242	,665
	p						,070	,005	,003	,291	,001
Maksimalt oksygenopptak	r						1	,685	,757	,530	,742
	p							,001	,000	,013	,000
Vekt	r							1	,936	,701	,929
	p								,000	,000	,000
Vekt	r								1	,637	,975
	p									,002	,000
Høyde	r									1	,608
	p										,003
Total fettfri masse i DXA	r										1
	p										

Endringskorrelasjoner									
		Endring EVAK- test	Endring beinpress	Endring Isokinetisk ekstensjon høyre bein	Endring isokinetisk ekstensjon venstre bein	Endring maksimal effektutvikling CMJ	Endring maksimalt oksygen- opptak (ml)	Endring Vekt	Endring muskelmasse
Endring EVAK-test	r	1	-,192	-,005	-,340	-,037	,089	-,245	,075
	p		,494	,985	,234	,900	,753	,379	,790
Endring beinpress	r		1	,157	,326	,369	,564	,460	,340
	p			,592	,255	,194	,029	,084	,214
Endring Isokinetisk ekstensjon høyre bein	r			1	,408	-,055	-,046	,269	-,185
	p				,148	,858	,877	,352	,528
Endring isokinetisk ekstensjon venstre bein	r				1	,185	-,018	-,012	-,454
	p					,544	,950	,969	,103
Endring maksimal effektutvikling CMJ	r					1	,202	,423	,527
	p						,488	,131	,053
Endring maksimalt oksygen-opptak (ml)	r						1	,445	,586
	p							,096	,022
Endring Vekt	r							1	,513
	p								,051
Endring muskelmasse	r								1
	p								

Vedlegg 4: Viktig informasjon dersom andre avdelinger tar i bruk EVAK-testen for å få sammenlignbare resultater

Utførelse av dukketrekkingen

- Dukken skal trekkes, ikke løftes. Hvor lang tid en bruker på å løfte dukken opp blir en tilfeldig variabel som påvirker den tilfeldige variasjonen i testen og resultatet kan derfor feiltolkes.
- Når personene som utfører testen (FP) kommer tilbake til start/mål for å trekke dukken er det viktig at de ikke bruker mer tid enn nødvendig på å ta tak i dukken. Hvor lang tid FP bruker her blir en tilfeldig variabel som påvirker den tilfeldige variasjonen i testen. Dette er negativt i forhold til å sammenligne testresultater.
- Når taket i dukken er tatt er det ikke lov til å bytte tak eller stoppe opp for å få et bedre tak i vesten.
- Alle FP som holder tak i dukken med to hender og løper baklengs løper saktere enn de som bruker en hånd og er vendt fremover når de løper. De fleste burde gjennomføre dukketrekkingen med en hånd dersom de klarer det.

Gulvets (underlagets) friksjon påvirker resultatene

- Friksjonen som dukken skaper mot underlaget gjør at ulikt underlag gir ulike resultater. Derfor må alle resultater fra EVAK-testen som skal sammenlignes utføres på samme underlag/sted.
- Dersom dette ikke gjøres vil endringer i prestasjon i EVAK-testen være påvirket av gulvets egenskaper og ikke f.eks. treningen som er gjort mellom testene

Stridsvesten

- Stridsvesten som brukes på dukken påvirker hvordan dukken «oppfører» seg under testen.
- Derfor er det viktig å bruke den samme vesten fra gang til gang, og samme type tilleggsvekter inne i vesten (enten om det er keramiske plater eller vektskiver).
- Dersom det ikke er mulig å bruke akkurat samme vest er det viktig at typen og størrelsen er den samme.