

Finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre ved nedkjøling

Kristine Blomvik Dyb

MSc in Biology

Innlevert: mai 2017

Hovedveileder: Randi Eidsmo Reinertsen, IBI

Medveileder: Øystein Wiggen, SINTEF

Julie Renberg, SINTEF

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for biologi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for biologi, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), i samarbeid med SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse. Masteroppgaven er en del av prosjektet ”Helseeffekter av ulike skiftarbeidsordninger i petroleum- og helsesektoren” som er finansiert av Norges forskningsråd, ENI, Norsk Sykepleierforbund, Spekter og Fagforbundet.

Jeg vil takke hovedveileder, forskningsdirektør og professor Randi Eidsmo Reinertsen for å gi meg muligheten til å skrive masteroppgaven ved SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse. Jeg vil takke henne for god veiledning, gode råd og støttende oppmuntringer underveis i masterarbeidet.

Mine faglige veiledere, forsker Øystein Wiggen og PhD-stipendiat Julie Renberg, vil jeg takke for opplæring på lab, faglig veiledning, tålmodighet og gode innspill ved arbeid med masteroppgaven. Julie fortjener en stor takk for å ha hjulpet til mange timer på lab under datainnsamlingen, og Øystein for å ha hjulpet meg med å se de store sammenhengene.

En spesiell takk til mine medstudenter og venninner Maren Trones Christiansen og Nora Sunde. Takk for alle gode stunder på kontoret og ved vannhullet. Det har vært veldig lærerikt og berikende å arbeide ved siden av dere disse to årene, og dere har bidratt til å gjøre denne opplevelsen helt spesiell.

Takk til alle forsøkspersonene som har deltatt i studien. Uten dere hadde det ikke vært mulig å gjennomføre denne studien!

Til sist vil jeg takke familie, kjæreste, og venner for all hjelp og oppmuntringer gjennom masterarbeidet.

Trondheim, mai 2017

Kristine Blomvik Dyb

Sammendrag

Bakgrunn: Mennesker som arbeider utendørs blir store deler av året utsatt for lave omgivelsestemperaturer. Forlenget kuldeeksponering kan ha en rekke negative effekter på yteevne, som nedsatt muskelfunksjon og finmotorikk, noe som kan påvirke utførelsen av arbeidsoperasjoner.

Mål: Målet med denne studien var å utvikle ny kunnskap om hvordan finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre blir påvirket ved eksponering til moderat kulde ved 8°C.

Metode: Femten menn gjennomførte en forsøksprotokoll ved eksponering til lav (8°C) og nøytral (25°C) omgivelsestemperatur i 75 minutter, ikledd ullundertøy. Protokollen bestod av tre runder med kraftmålinger, subjektiv evaluering av termisk fornemmelse og måling av oksygenopptak. Hudtemperaturer, rektaltemperatur og hjertefrekvens ble målt kontinuerlig gjennom forsøket. For hver runde ble det utført kraftmålinger for øvelsene gripe- og fingerkraft ved intensitetene 10% og 30% av maksimal viljestyrt kontraksjon.

Resultat: Det var en signifikant reduksjon i hudtemperaturer ved 8°C sammenlignet med 25°C, uten at rektaltemperaturen ble endret. Kuldeeksponering hadde liten eller ingen effekt på gripe- og fingerkraft, uavhengig av intensitet. Det var ingen korrelasjon mellom hudtemperaturer og finmotorisk kraftkontroll. Det ble rapportert signifikant grad av skjelving ved 8°C sammenlignet med 25°C, og metabolsk rate økte signifikant mot slutten av eksponeringstiden.

Konklusjon: Finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre ble ikke påvirket av hverken reduserte hudtemperaturer eller økt grad av skjelving ved moderat kuldeeksponering på 8°C.

Abstract

Background: People with outdoor occupations are exposed to low ambient temperatures large parts of the year. Prolonged exposure to low temperatures can impair performance in several ways, such as reduced muscle function and fine motor control, which again could affect the execution of work-related tasks.

Aim: The aim of this study was to develop new knowledge about how moderate cold exposure at 8°C will affect isometric fine motor control in hand and fingers.

Methods: Fifteen men performed a test protocol with exposure to cold (8°C) and neutral (25°C) ambient temperature for 75 minutes, dressed in thermal underwear. The test protocol consisted of three cycles, each measuring force control, subjective rating of perceived thermal sensation, and oxygen consumption. Skin temperatures, rectal temperature and heart rate were measured continuously through the test protocol. For each test cycle measurements of force control were performed for grip and finger at intensity levels of 10% and 30% of maximum voluntary contraction.

Results: There was a significant reduction in skin temperatures at exposure to 8°C compared to 25°C, without a change in rectal temperature. Exposure to cold had little or no effect on force control in grip or finger, regardless of intensity level. No correlations were found between skin temperature and fine motor control. Significant level of shivering was reported at exposure to 8°C compared to 25°C, with metabolic rate significantly increasing towards the end of the exposure time.

Conclusion: Isometric fine motor control in hand and finger does not appear to be affected by reduced skin temperatures or increased level of shivering during exposure to moderate cold at 8°C.

Forkortelser

Symbol	Beskrivelse	Benevning
CvK	Variasjonskoeffisient av kraft	%
Hf	Hjertefrekvens	Slag·min ⁻¹
K	Gjennomsnittlig kraft	%
MR	Metabolsk rate	Watt·m ⁻²
MVC	Maksimal viljestyrt kontraksjon	
PTS	Termisk fornemmelse (rating of perceived thermal sensation)	
RER	Respiratorisk utvekslingsratio	
T _{finger}	Fingertemperatur	°C
T _{hud}	Gjennomsnittlig hudtemperatur	°C
T _{hånd}	Håndtemperatur	°C
T _{overarm}	Overarmstemperatur	°C
T _{re}	Rektaltemperatur	°C
T _{underarm}	Underarmstemperatur	°C
VO ₂	Oksygenopptak	L·min ⁻¹ , mL·min ⁻¹ ·kg ⁻¹

Innhold

1	INTRODUKSJON	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Temperaturregulering	2
1.2.1	Eksponering til kulde	2
1.3	Muskelarbeid og kulde	3
1.3.1	Muskelfysiologi	3
1.3.2	Muskelfunksjon og påvirkning av kulde.....	4
1.4	Mål og hypotese	6
2	METODE.....	7
2.1	Forsøkspersoner.....	7
2.2	Forsøksprotokoll.....	7
2.2.1	Pretest.....	7
2.2.2	Hovedtester	8
2.2.3	Test-retest.....	9
2.3	Målinger og utstyr	11
2.3.1	Vekt og høyde	11
2.3.2	Fettprosent.....	11
2.3.3	Hudtemperatur	11
2.3.4	Rektaltemperatur.....	11
2.3.5	Hjertefrekvens.....	12
2.3.6	Oksygenopptak.....	12
2.3.7	Kraftmålinger	12
2.3.8	Subjektiv evaluering	14
2.4	Analyse.....	14
2.4.1	Kraftmålinger	14
2.4.2	Metabolsk rate.....	15
2.5	Statistikk.....	16
3	RESULTATER	17
3.1	Effekt av omgivelsestemperatur på kroppstemperatur	17
3.1.1	Gjennomsnittlig hudtemperatur	17
3.1.2	Hudtemperatur på finger, hånd, underarm og overarm.....	18
3.1.3	Hudtemperaturer ved gjennomføring av finmotoriske kraftmålinger.....	20
3.1.4	Rektaltemperatur.....	20
3.2	Kraftmålinger	21

3.2.1	Gripekraft.....	21
3.2.2	Fingerkraft.....	22
3.2.3	MVC.....	23
3.3	Korrelasjon mellom hudtemperaturer og finmotorisk kraftkontroll.....	24
3.4	Metabolsk rate og hjertefrekvens	24
3.5	Subjektiv evaluering.....	25
4	DISKUSJON.....	27
4.1	Hudtemperaturer og kjernetemperatur	27
4.2	Finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre.....	28
4.3	Praktisk betydning.....	32
5	KONKLUSJON	33
6	REFERANSER	34
7	VEDLEGG	38

1 INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Mennesker som arbeider utendørs innen petroleumsindustri, bygningsarbeid og gruvedrift blir store deler av året utsatt for lave omgivelsestemperaturer i de nordiske landene (Mäkinen et al., 2006; Wiggen et al., 2011). Forlenget kuldeeksponering kan ha en rekke negative effekter på yteevne (Castellani og Tipton, 2016), slik som nedsatt muskelfunksjon og finmotorikk (Meigal, 2002). Allerede ved moderat kuldeeksponering kan termisk ubehag øke risikoen for uhell ved arbeidsoppgaver som krever høy konsentrasjon og årvåkenhet (Mäkinen, 2007). Økt termoregulatorisk muskeltonus er også normalt ved denne type eksponeringer, og har blitt vist å redusere effektiviteten av viljestyrt bevegelse (Meigal, 2002). Mer ekstrem kuldeeksponering vil resultere i nedsatt fysisk yteevne, som nedsatt muskelfunksjon og viljestyrt bevegelse, grunnet redusert muskeltemperatur og skjelving (Meigal, 2002). Dette medfører også en økt risiko for arbeidsuhell. Det er imidlertid sjelden man observerer omfattende skjelving ved arbeid i kulde, da bekledningen er utviklet for å beskytte mot omfattende varmetap.

Arbeidsoppgavene utført innen denne typen industrier omfatter både dynamiske og isometriske arbeidsoperasjoner. Dynamiske arbeidsoperasjoner omfatter arbeidsoppgaver hvor man er i bevegelse, og muskler skifter mellom spenning og avspenning. Isometriske arbeidsoperasjoner inkluderer på den andre siden statiske arbeidsoppgaver, hvor musklene inntar én stilling som holdes i en lengre periode. Håndfunksjonen er helt sentral både ved daglige gjøremål og ved utføring av ulike typer arbeidsoperasjoner (Heus et al., 1995), som eksempelvis manuell yteevne og finmotorisk isometrisk kraftkontroll. Manuell yteevne kan defineres som motorferdigheter bestemt av den naturlige bevegelsesbanen til fingre, hånd og arm, og manipulasjonsevnen til hånd og fingre (Heus et al., 1995). Det er godt dokumentert at fingertemperaturer lavere enn 20°C fører til redusert manuell yteevne, og at yteevnen vil bli signifikant redusert ved fingertemperaturer under 15°C (Clark, 1961; Schiefer et al., 1984; Wiggen et al., 2011). Det er imidlertid lite dokumentert kunnskap om i hvilken grad moderat reduksjon i hudtemperatur påvirker finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre. Finmotorisk kraftkontroll defineres her som fysiske prestasjoner som krever kraftutvikling av lav intensitet og høy nøyaktighet. Det er viktig å få kunnskap om dette for å identifisere potensielle risikofaktorer ved arbeid i kalde omgivelser. For å forstå effekten av kuldeeksponering og dens påvirkning på finmotorisk kraftkontroll, er det viktig å forstå de

grunnleggende termoregulatoriske mekanismene og de fysiske faktorene som påvirker varmeutveksling mellom kropp og omgivelser.

1.2 Temperaturregulering

Mennesker er homeoterme organismer som streber etter å opprettholde en høy og jevn kjernetemperatur rundt 37°C hele livet. Hud- og muskeltemperaturer kan derimot variere mye mer (Drinkwater, 2008). Varmeutveksling med omgivelsene følger fysiske lover, og avhenger av varmebalansen mellom kropp og omgivelser. Varmebalansen reguleres av to faktorer; varmeproduksjon og varmetap, og kan summeres i ligning (1):

$$S = M - (\pm W) - (\pm E) - (\pm R) - (\pm C) - (\pm K) \quad (1)$$

Her er S= lagret varme i kroppen, M= metabolsk varmeproduksjon, W= arbeid, E= evaporasjon, R= stråling, C= konveksjon og K= konduksjon. Positive verdier indikerer varmeopptak, mens negative verdier indikerer varmetap. Når varmeproduksjonen er lik varmetapet er raten av lagret varme lik null, og kroppen er i varmebalanse. Den metabolske raten (M) produserer energien som brukes ved utføring av mekanisk arbeid (W). Ved hvile i termonøytrale omgivelser ligger den metabolske raten mellom 80-100 W, men ved veldig hardt arbeid kan denne verdien økes mer enn ti ganger (Jessen, 2001).

Varmeutvekslingsveiene med omgivelsene omfatter konduksjon, konveksjon, stråling og evaporasjon. Konduksjon (K) er bevegelsen av varme mellom to objekter som er i direkte kontakt med hverandre, mens konveksjon (C) omfatter varmeutveksling med et medium i bevegelse relativt til kroppen, som eksempelvis vann, vind eller indre kroppsvæsker. Stråling (R) er bevegelsen av varme via elektromagnetiske bølger, hvor varmeoverføring skjer ved at varme beveger seg ned sin termiske gradient fra høy til lav. Alle disse varmeutvekslingsveiene vil bidra til varmetap i kalde omgivelser. Evaporasjon (E) er en endoterm prosess hvor vann går fra væske- til gassform ved svetting og respirasjon, og bidrar til varmetap i varme omgivelser.

1.2.1 Eksponering til kulde

Mennesker har flere termoregulatoriske mekanismer for å begrense varmetapet ved eksponering til kulde. Kulde defineres her som temperaturer under den lavere kritiske temperaturen for menneskers termonøytrale sone. Den termonøytrale sonen defineres som rekkevidden av omgivelsestemperatur hvor den metabolske raten er på et basalt nivå, samtidig

som kroppstemperaturen opprettholdes. Termonøytral sone for nakne, hvilende mennesker har blitt definert som en omgivelsestemperatur mellom 28-31°C (Gagge et al., 1967). Nyere forskning viser at arbeidsbekledning vil forskyve den termonøytrale sonen mot lavere omgivelsestemperaturer (Færevik et al., 2001). En mekanisme er regulering av perifer blodgjennomstrømning til huden eller distale vev ved vasokonstriksjon. Ved å redusere perifer blodgjennomstrømning i kalde omgivelser vil dette føre til en redusert temperaturgradient mellom hud og omgivelser, som igjen vil forsinke varmetapet. På denne måten er hudtemperaturen en funksjon av den perifere blodgjennomstrømningen, og kan variere mellom ulike områder i kroppen. Hudområder nær kjernen har høyere temperatur enn områder lenger borte fra kjernen, som armer og bein. Kroppsdeler med stor overflate/masse-ratio, som for eksempel fingre og tær hos mennesker, er spesielt godt egnet for vasomotorisk termoregulering, hvor vasodilatasjon øker varmetap og vasokonstriksjon reduserer varmetap. I tilfeller med ytterligere nedkjøling kan mekanismer for varmeproduksjon settes i gang. For mennesker foregår dette i hovedsak ved hjelp av skjelving. Skjelving defineres som ikke-viljestyrt rytmisk kontraksjon av skjelettmuskulatur (Meigal et al., 1998), og kan øke varmeproduksjonen 3-5 ganger fra hvile (Rintamäki, 2007). Skjelveresponen kan starte øyeblikkelig, eller etter flere minutter med kuldeeksponering (Castellani og Tipton, 2016). De ovennevnte termoregulatoriske mekanismene fungerer kun som en midlertidig løsning til kuldeeksponering. Dersom det termiske stresset blir for stort kan det være nødvendig å ta i bruk termoregulatorisk atferd (Buggy og Crossley, 2000) ved å bevege seg bort fra kulden, søke ly, endre positur eller bekledning (Wiggen, 2012).

1.3 Muskelarbeid og kulde

1.3.1 Muskelfysiologi

Skjelettmuskler er bygd opp av muskelfibre som inneholder myofilamentene myosin og aktin. Aktin og myosin utgjør musklens kontraktile enheter; sarkomerene. Når en muskel aktiveres settes det i gang en rekke prosesser som til slutt fører til forkortning av sarkomerene og dermed muskelen. Når et nervesignal når aksonterminalen vil acetylkolin bli frigitt i den nevro-muskulære kløften og binde seg til acetylkolin-reseptorer på motorendeplaten. Dette vil føre til generering av et muskelaksjonspotensial som vil trigge frigiving av kalsium fra sarkoplasmatiske retikulum til cytosol. Økt intracellulært nivå av kalsium gjør at myosin kan binde seg til aktin. Myosin aktiveres i en prosess som krever energi i form av ATP. Deretter sklires myosin langs aktin, ved hjelp av repeterte sykluser av dannelse og bryting av kryssbroer

mellom myosin og aktin, og muskelen forkortes. Nevral kontroll av muskler er organisert i motorenheter, som omfatter et motornevron og alle muskelfibrene det kontrollerer. Når et motornevron produserer et nervesignal vil alle muskelfibrene i dens motorenhet trekke seg sammen. Kraften av en muskelkontraksjon avhenger av hvor mange muskelfibre motornevronet kontrollerer, og intensiteten av nervesignalet. Muskelfibre kan deles i ulike typer, og kan klassifiseres som oksidative eller glykolytiske ut i fra hvilken energikilde de bruker, eller som langsomme eller raske ut i fra raten de genererer kraft.

1.3.2 Muskelfunksjon og påvirkning av kulde

Nedkjøling kan påvirke flere komponenter ved muskelfunksjon, som blant annet utholdenhet, kontraksjonshastighet, muskelkraft og koordinasjon. På cellulært nivå skjer dette ved redusert ATP-utnyttelse, enzymaktivitet, langsommere acetylkolin- og kalsiumfrigivelse og forsinket dannelse av kryssbroer mellom myosin og aktin (Davis og Young, 1983; Heus et al., 1995). Påvirkningsgraden avhenger av type muskelaktivitet.

Muskelkontraksjoner kan deles i to grupper; isometriske og dynamiske (Oksa, 2002). Ved isometrisk muskelkontraksjon holdes lengden til muskelen lik når spenningen endres, mens ved dynamisk muskelkontraksjon er spenningen den samme når muskelens lengde endres (Holck, 2017). Isometrisk muskellarbeid er generelt mindre temperatursensitivt enn dynamisk (Bergh og Ekblom, 1979; Oksa, 2002; Wakabayashi et al., 2015), og har optimal submaksimal utholdenhet ved en muskeltemperatur på 27-28°C (Clarke et al., 1958, Petrofsky og Lind, 1975). Dynamisk muskellarbeid fungerer på den annen side best ved en muskeltemperatur på 38°C (Oksa, 2002), og forverres med 2-5% for hver 1°C reduksjon i muskeltemperatur (Racinais og Oksa, 2010). Ved muskeltemperaturer under 28°C reduseres yteevnen for dynamiske øvelser betydelig (Heus et al., 1995). Dynamiske fingerferdigheter blir betydelig redusert for lokale hudtemperaturer under 15°C, noe som i stor grad påvirker manuell yteevne.

Kuldeeksponering kan også redusere effektiviteten av viljestyrt bevegelse ved å trigge skjelveresponsen (Oksa et al., 1995). Skjelving utvikles i ulike stadier. Ved begynnende respons til kulde sendes kontinuerlige aksjonspotensial fra enkelte motorenheter. Dette fører til økt muskelspenning, kalt termoregulatorisk muskeltonus. Videre eksponering til kulde trigger skjelving (Burton og Bronk, 1937) med synkroniserte avfyringer fra flere motorenheter (Meigal et al., 1998). Skjelving aktiverer de samme motorenhetene som viljestyrt bevegelse, mens termoregulatorisk muskeltonus aktiverer samme motorenheter som svake isometriske

kontraksjoner. Dette er noe som videre kan påvirke både grov- og finmotorikk (Meigal, 2002), og graden av påvirkning øker med redusert omgivelsestemperatur (Meigal et al., 1996).

Skjelving og termoregulatorisk muskeltonus kan måles med elektromyografi (EMG), en metode som omfatter utvikling, opptak og analysing av myoelektriske signaler. EMG måler muskelaktiviteten ved å registrere aksjonspotensialene som oppstår ved aktivering av et motornevron med tilhørende muskelfibre (Konrad, 2005). Ved kuldeeksponering vil utvikling av termoregulatorisk muskeltonus og skjelving føre til en økning i EMG-signalet (Meigal et al., 1998; Drinkwater og Behm, 2007). De to mekanismene kan skilles fra hverandre ved at de rekrutterer ulike motorenheter og produserer forskjellige karakteristiske EMG-signaler (Haman et al., 2004). Graden av skjelving kan variere mellom muskelgrupper, og er avhengig av størrelsen og plasseringen til de aktuelle musklene; Bell et al. (1992) fant at større og sentrale muskler var mer aktive ved skjelving enn mindre og mer perifere muskler. Meigal et al. (1998) viste at finmotorikk i hånd og albue ikke ble påvirket av økt muskelspenning og skjelving ved redusert omgivelsestemperatur, mens finmotorikken i skulderleddet ble redusert. Disse resultatene er konsistente med at sentrale muskler er mest aktive ved skjelving (Meigal, 2002), og derav sannsynligvis mest påvirket når det kommer til finmotorisk kontroll. En studie av Meigal et al. (1998) viser at mennesker klarer å utføre finmotoriske oppgaver også ved tilstedeværelse av skjelving. Dette var undersøkt for hånd ved 10% av maksimal viljestyrt kontraksjon (MVC) i korte perioder på 15 sekunder. En annen studie av Meigal et al. (2003) viser at mennesker klarer å opprettholde finmotorisk kraftkontroll i skulder ved økt finmotorisk kraft. Det er imidlertid lite kunnskap om det er mulig å opprettholde finmotorisk kraftkontroll for hånd og fingre i lengre perioder og ved økt finmotorisk kraft (Meigal, 2002).

1.4 Mål og hypotese

Målet med masteroppgaven er å utvikle ny kunnskap om hvordan finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre blir påvirket ved nedkjøling. Det er dokumentert at mennesker klarer å utføre finmotoriske oppgaver ved bruk av hånd ved lav intensitet i korte perioder ved tilstedeværelse av skjelving. Vi har derimot lite kunnskap om hvorvidt mennesker klarer å opprettholde finmotorikken over lengre perioder. Det er også begrenset kunnskap om hvordan skjelving påvirker finmotoriske øvelser som krever høyere intensitet for hånd og fingre.

Studiens hypotese er at finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre reduseres ved eksponering til omgivelsestemperatur ved 8°C.

Studiens prediksjoner er som følger:

1. Finger-, hånd-, underarm- og gjennomsnittlig hudtemperatur blir redusert ved eksponering til omgivelsestemperatur ved 8°C.
2. Reduksjonen i finger-, hånd-, underarm- og gjennomsnittlig hudtemperatur fører til endring i gjennomsnittlig kraft.
3. Reduksjonen i finger-, hånd-, underarm- og gjennomsnittlig hudtemperatur øker variasjonskoeffisienten for kraft.
4. Endringene i prediksjon 2 og 3 korrelerer proporsjonalt med endringer i hudtemperatur på hånd og underarm.

For å teste hypotesen og prediksjonene målte vi parameterne: hudtemperaturer, rektaltemperatur, kraftmålinger for gripekraft og fingerkraft, oksygenopptak, hjerterefrekvens, subjektiv evaluering av termisk fornemmelse, komfort og grad av skjelving.

2 METODE

Denne masteroppgaven er en del av prosjektet ”Helseeffekter av ulike skiftarbeidsordninger i petroleum- og helsesektoren” og ble utført ved Arbeidsfysiologisk laboratorium ved SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse. Forsøksprotokollen ble godkjent av den regionale komiteen for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK), region Midt-Norge, i forkant av studien.

2.1 Forsøkspersoner

15 friske menn i alderen 20-27 år deltok frivillig i studien i perioden september-desember i 2016. Gjennomsnittlig alder var $23 \pm 2,1$ år, vekt 76 ± 7 kg, høyde 181 ± 6 cm, kroppsfett $12 \pm 3\%$ og kroppsoverflate $2,0 \pm 0,1$ m². Ved oppstart av studien ble forsøkspersonene informert om testprotokollen og deres rettighet til å trekke seg i henhold til Helsinkideklarasjonen, før samtykkeerklæringen ble signert (se vedlegg A.1). Inkluderingskriterier for studien var fettprosent under 15% og bestått medisinsk undersøkelse. Eksklusjonskriteriene for deltagelse var tidligere frostskafer eller Raynauds syndrom.

2.2 Forsøksprotokoll

Forsøkspersonene besøkte laboratoriet totalt tre ganger, hvor de først gjennomførte en pretest og deretter to hovedtester ved ulike omgivelsestemperaturer på 8°C og 25°C i balansert rekkefølge. Avbruddskriterier under studien var dersom fingertemperaturen falt under 10°C i mer enn 20 minutter, dersom kjernetemperaturen falt under 35°C, eller dersom forsøkspersonen ville trekke seg underveis i studien.

2.2.1 Pretest

Pretesten ble gjennomført for at forsøkspersonene skulle bli grundig kjent med utstyret og testprosedyrene for studien. Det ble øvd på utføring av MVC og submaksimale isometriske kontraksjoner av to ulike intensiteter, 10% og 30% MVC, for øvelsene gripekraft og fingerkraft (se beskrivelse i avsnitt 2.3.7). MVC ble gjennomført til variasjonen av produsert kraft var <10%, og submaksimale isometriske kontraksjoner ble gjennomført 10 ganger per intensitet, per øvelse, hvorav alle nådde et læringsplata. Det ble også registrert alder, høyde, vekt og fettprosent av forsøkspersonene.

2.2.2 Hovedtester

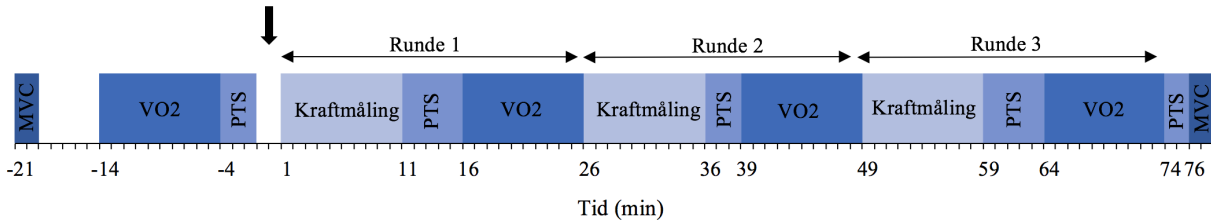
Det ble gjennomført to hovedtester, en i kalde omgivelser ved 8°C og en i nøytrale omgivelser ved 25°C, begge med en luftfuktighet på 30%. Hovedtestene ble gjennomført på samme tid av døgnet innen en periode på 7 dager for hver forsøksperson. Forsøksprotokollen var lik for begge omgivelsestemperaturene. Forsøkspersonene ble instruert til å ikke innta alkohol eller røyke innen 24 timer før forsøkene, unngå koffeinholdig drikke og sjokolade samme dag, og å ha en normal natts søvn før testing. Dette ble det kontrollert for med spørreskjema før hver test, hvor det også ble spurt om antall timer siden sist måltid og om man var forkjølet.

Ved bruk av kirurgisk tape ble 13 hudtermistorer festet på bestemte områder på kroppen, i tillegg til rektalprobe som forsøkspersonen monterte selv. Deretter fikk forsøkspersonen på seg pulselte og pulsklokke, før bekleddingen ble tatt på. Bekleddingen bestod av ullundertøy fra Brynje of Norway bestående av 80% ull og 20% polyamid. Forsøkspersonen gjennomførte så to omganger med MVC for øvelsene gripekraft og fingerkraft inne i klimakammeret. Deretter hadde forsøkspersonen en stillesittende hvileperiode på 20 minutter utenfor klimakammeret i romtemperatur ($23,4 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$) for å stabilisere kroppstemperaturer. Oksygenopptaket ble målt de siste 10 minuttene av hvileperioden. Mens oksygenopptaket ble målt fikk forsøkspersonen høre på lydbok ("Serial" fra www.serialpodcast.org) og ble instruert til å sitte rolig. Etter dette ble forsøkspersonen bedt om å vurdere sin termiske fornemmelse ved bruk av spørreskjema.

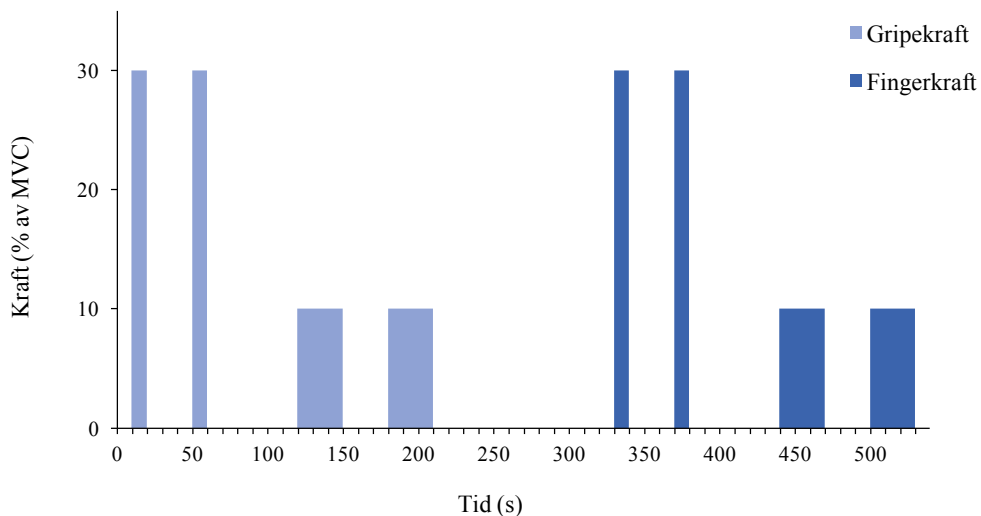
Etter hvileperioden gikk forsøkspersonen inn i klimakammeret og satte seg på en stol foran bordet hvor kraftmålingene skulle utføres. Forsøkspersonen var inne i klimakammeret i totalt 75 minutter, hvor det ble gjennomført tre runder med kraftmålinger, vurdering av termisk fornemmelse og måling av oksygenopptak (se figur 1). Testene med kraftmålinger, bestående av submaksimale isometriske kontraksjoner, varte i 10 minutter og ble gjennomført etter 1 minutt, 26 minutter og 49 minutter i kammeret. Etter hver test med kraftmåling ble det vurdert termisk fornemmelse, etterfulgt av 10 minutter måling av oksygenopptak mens forsøkspersonen satt i ro og hørte på lydbok. For hver runde med kraftmåling skulle forsøkspersonen gjennomføre øvelsene gripekraft og fingerkraft ved to ulike intensiteter. Intensitetene var satt til 10% og 30% MVC, og skulle holdes i 30 sekunder og 10 sekunder respektivt. Hver intensitet skulle gjennomføres to ganger per øvelse (se figur 2). Mellom to omganger av samme intensitet for en øvelse var pausen 30 sekunder, mellom ulike intensiteter var den 1 minutt, og ved bytte av øvelse var den 2 minutter. Forsøkspersonen fikk muntlig beskjed om å starte og stoppe, og ble i forkant av kraftmålingene instruert til å utvikle kraft så

hurtig og nøyaktig som mulig når de fikk startsignalet. Etter siste runde med vurdering av termisk fornemmelse ble det igjen gjennomført to omganger med MVC for gripekraft og fingerkraft, før forsøkspersonen ble hentet ut av klimakammeret.

↓ Entring av klimakammer



Figur 1: Skjematisk fremstilling av forsøksprotokoll benyttet i studien. MVC betegner tester med maksimal viljestyrt kontraksjon. Kraftmåling betegner en runde med kraftmålinger både for gripe- og fingerkraft. PTS betegner vurdering av termisk fornemmelse. VO₂ betegner måling av oksygenopptak.



Figur 2: Skjematisk fremstilling av forsøksprotokoll for én runde med kraftmålinger for gripe- og fingerkraft.

2.2.3 Test-retest

Det ble gjennomført en test-retest for å måle daglig variasjon for de mest sentrale fysiologiske parametere som inngår i studien. Parameterne som ble undersøkt var gjennomsnittlig hudtemperatur, oksygenopptak og hjerterefrekvens. 10 forsøkspersoner deltok to forskjellige dager. Gjennomsnittlig alder var $24 \pm 2,1$ år, vekt 78 ± 7 kg og høyde 182 ± 6 cm. Forsøkspersonene var ikledd ullundertøy fra Brynje of Norway slik som for hovedtestene, og

hadde på egne joggesko. Omgivelsestemperaturen i klimakammeret var satt til 18°C, og luftfuktigheten 35%. Det ble gjennomført to arbeidsperioder på 10 minutter hvor forsøkspersonene først gikk på tredemølle i 5 km·t⁻¹ med 0° stigning, og deretter med 6° stigning. Det var 2 minutter stillesittende hvileperiode mellom de to arbeidsperiodene. Det ble beregnet målefeil og variasjonskoeffisient for alle parameterne for de forskjellige arbeidsintensitetene ved bruk av ligning (2) og (3), hentet fra MacDougall et al. (1991) (se tabell 1). Beregningene er gjort fra de siste 2 minuttene av arbeidsperiodene.

$$\text{Målefeil} = \frac{\text{Standardavvik}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$\text{Variasjonskoeffisient} = \left(\frac{\text{Målefeil}}{\text{Snitt}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Tabell 1: Målefeil og variasjonskoeffisient for parameterne gjennomsnittlig hudtemperatur (\bar{T}_{hud}), oksygenopptak (VO_2) og hjertefrekvens (Hf) ved gange på 5 km·t⁻¹ ved 0° og 6° stigning.

	\bar{T}_{hud} (°C)		VO_2 (mL·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)		Hf (slag·min ⁻¹)	
	0°	6°	0°	6°	0°	6°
Målefeil	0,5	0,6	0,5	0,4	3	1
Variasjonskoeffisient	1,6	1,8	3,8	1,6	3	1

2.3 Målinger og utstyr

2.3.1 Vekt og høyde

Forsøkspersonene ble veid (IDI, Metteler Toledo, Albstadt, Tyskland, nøyaktighet $\pm 0,0006$ kg) i truse og sokker. Høyde ble målt med målebånd i plastvinkel montert på vegg.

2.3.2 Fettprosent

Fettprosenten til forsøkspersonene ble målt ved bruk av klype (Harpenden Skinfold Caliper). Mengden underhudsfett ble målt på følgende steder på kroppen: *m. biceps brachii*, *m. triceps brachii*, *m. subscapularis*, *m. suprailiac*. Hver av de nevnte områdene ble målt to ganger, og det ble beregnet gjennomsnitt av de to. Gjennomsnittsverdiene ble benyttet til å beregne fettprosenten til ved hjelp av ligning (4) og (5). Konstantverdiene er hentet fra Durmin og Womersley (1974), og basert på beregning av kroppstetthet for menn i alderen 20-29 år.

$$\text{Fettprosent (\%)} = \left(\left(\frac{4,95}{b} \right) - 4,5 \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$\text{Tetthet (b)} = 1,1631 - (0,0632 \cdot \log(a)) \quad (5)$$

Måleverdier (a) = total sum av gjennomsnittsverdier fra målestedene

2.3.3 Hudtemperatur

Det ble målt 13 hudtemperaturer på følgende steder: panne, hånd, finger, underarm, bryst, fremside legg, nakke, mage, rygg, overarm, fremside lår, bakside lår og bakside legg. Termistorene (YSI-400 Yellow Springs Instruments, USA, nøyaktighet $\pm 0,15^\circ\text{C}$) ble festet på huden med kirurgisk teip. Hudtemperaturene ble målt kontinuerlig gjennom hele forsøket med intervaller på 20 sekunder. Det ble beregnet gjennomsnittsverdi for de målte hudtemperaturene (\bar{T}_{hud}), ekskludert fingertemperatur, etter ligning (6) modifisert etter Olesen et al. (1972):

$$\begin{aligned} \bar{T}_{\text{hud}} = & (T_{\text{panne}} + T_{\text{hånd}} + T_{\text{underarm}} + T_{\text{bryst}} + T_{\text{foran legg}} + T_{\text{nakke}} + T_{\text{mage}} + T_{\text{rygg}} \\ & + T_{\text{overarm}} + T_{\text{frem lår}} + T_{\text{bak lår}} + T_{\text{bak legg}}) / 12 \end{aligned} \quad (6)$$

2.3.4 Rektaltemperatur

Rektaltemperatur (T_{re}) ble målt med rektalprobe (YSI-700 Yellow Springs Instruments, USA, nøyaktighet $\pm 0,15^\circ\text{C}$) ved 10 cm dybde gjennom hele forsøket, med intervaller på 20 sekunder.

2.3.5 Hjertefrekvens

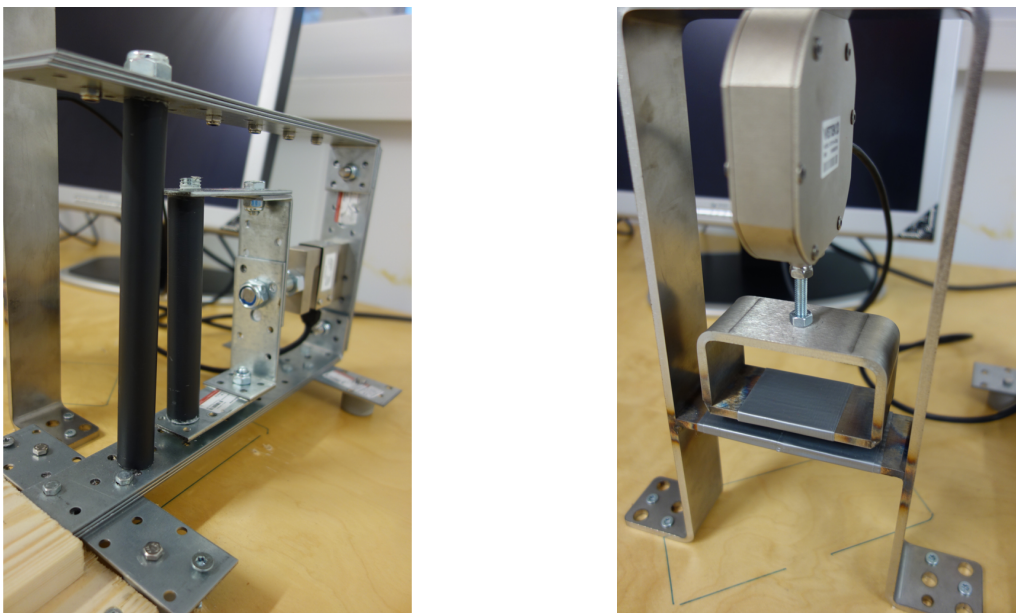
Hjertefrekvens (Hf) ble målt ved bruk av Polar sportstester (Polar RS800CX Electro OY, Finland) som ble festet rundt brystet. Data ble registrert ved 20 sekunders intervaller, og sendt til en pulsklokke festet rundt håndleddet hvor dataene ble lagret.

2.3.6 Oksygenopptak

Oksygenopptak (VO_2) ble målt med indirekte kalorimetri ved bruk av ansiktsmaske med Hans-Rudolf-ventil eller -munnstykke (Oxycon Pro, Jaeger, Tyskland, nøyaktighet $\pm 0,05 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$). Data ble registrert ved 20 sekunders intervaller.

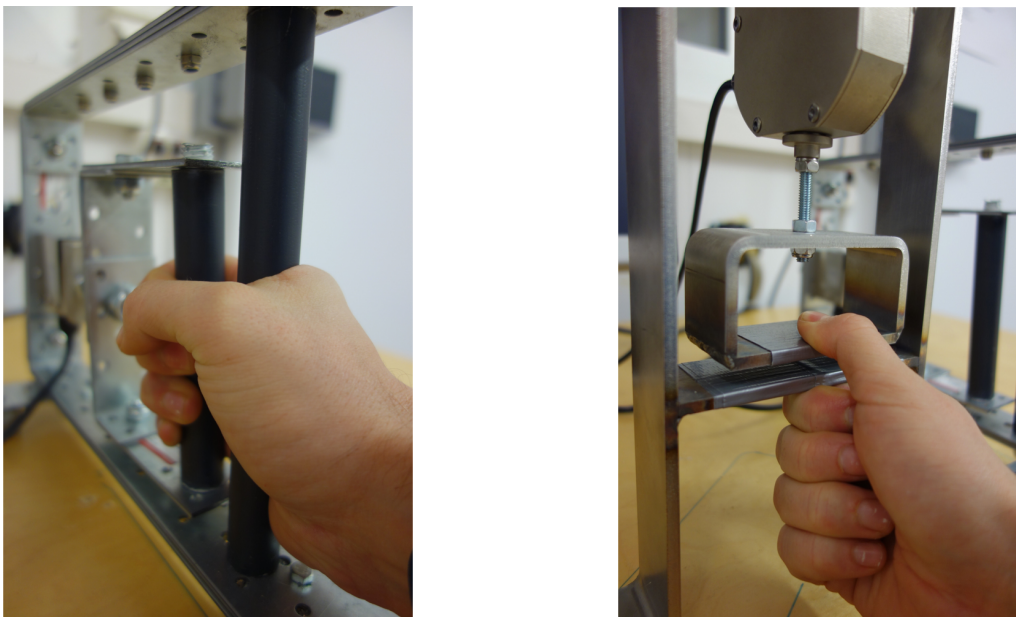
2.3.7 Kraftmålinger

Kraftmålinger ble utført ved bruk av kraftceller av typen KTOYO (S-Beam Nickel Plated Tool Steel 33A, Sør Korea, kapasitet 100 kg, sensitivitet $2 \text{ mV}\cdot\text{V}^{-1}$, målefrekvens 100 Hz, nøyaktighet $\pm 0,03\%$) og VETEK (S-model VZ101AH, Sverige, kapasitet 20 kg, sensitivitet $2 \text{ mV}\cdot\text{V}^{-1}$, målefrekvens 100 Hz, nøyaktighet $\pm 0,03\%$) for øvelsene gripekraft og fingerkraft respektivt. Gripe- og fingerdynamometeret ble bygd på laboratoriet og montert fast i et bord (se figur 3). Avstanden fra kanten av bordet til gripedynamometeret var 28 cm, og avstanden mellom stengene i håndtaket var 5,5 cm. Avstanden fra kanten av bordet til fingerdynamometeret var 36 cm, og avstanden mellom de to platene var 2 cm.



Figur 3: Bilde av gripedynamometer (venstre) og fingerdynamometer (høyre).

Under gjennomføring av pretestene ble forsøkspersonene nøye instruert i hvordan de skulle utføre de to ulike øvelsene. De fikk instruksjoner om hvordan de skulle holde i og bruke gripe- og fingerdynamometeret, hvordan armen skulle ligge på bordet og hvordan de skulle sitte i stolen under målingen. Dette ble observert og kontrollert under gjennomføringen av forsøket. Ved utføring av øvelsen gripekraft bruker man hele grepet til å klemme rundt et håndtak. Her skal tommelen være på den ene siden av håndtaket, og de andre fingrene på motsatt side, deretter klemmer man tommel og fingre mot hverandre som i et fast håndgrep (se figur 4). Ved utføring av øvelsen fingerkraft bruker man tommelen til å presse ned på den øverste av to plater. Her skal tommelen legges på toppen av øverste plate mens de andre fingrene holdes som en knyttneve under nederste plate, deretter klemmer man tommelen ned mot knyttneven (se figur 4). Forsøkspersonene ble instruert i å ikke røre apparatet før de fikk klarsignal om å starte, og deretter utvikle kraft så hurtig og nøyaktig som mulig. En dataskjerm ble benyttet for å gi forsøkspersonene visuell feedback om kraften de utøvde ved utføring av kraftmålingene. Avstanden fra kanten av bordet til dataskjermen var 80 cm.



Figur 4: Demonstrasjon av hvordan man skal utføre øvelsen gripekraft (venstre) og øvelsen fingerkraft (høyre).

2.3.8 Subjektiv evaluering

Forsøkspersonene evaluerte sin termiske fornemmelse etter prehvile, etter hver runde med kraftmålinger og like før avslutning av forsøket. Spørreskjemaet benyttet er modifisert etter Nielsen et al. (1989) (se vedlegg A.2).

2.4 Analyse

IBM SPSS Statistics v24 (Armonk, NY: IBM Corp) og Microsoft Excel 2017 ble benyttet for behandling og statistisk analyse av data. For statistisk analyse av temperaturdata ble det brukt gjennomsnittsverdier for hvert 5. minutt gjennom forsøket, for hjertefrekvens ble det brukt gjennomsnitt av 10 minutter i hvileperiodene, og for oksygenopptak ble det tatt gjennomsnitt av 5 minutter i hvileperiodene fra minutt 3-8. Antall forsøkspersoner (n) er redusert ved noen av de undersøkte parameterne på grunn av manglende data.

2.4.1 Kraftmålinger

Den høyeste MVC-målingen for gripekraft og fingerkraft ved pretesten ble benyttet som utgangspunkt for utregningen av verdiene for 10% og 30% MVC for hver forsøksperson. For analysering av kraftmålinger ble det benyttet gjennomsnittsverdier av to kraftmålinger per runde, og gjennomsnitt av høyeste verdi for to MVC-målinger gjennomført før start og etter slutt av forsøket. For intensiteter på 10% MVC ble kraftdata hentet ut fra de siste 25 sekundene av måleperioden, og for intensiteter på 30% MVC ble de hentet ut for de siste 9 sekundene av måleperioden. Presisjon av finmotorisk kraftkontroll ble vurdert ved å bruke parameterne gjennomsnittlig kraft (K), i form av prosent av ønsket kraft, og variasjonskoeffisienten av kraft (CvK), slik som tidligere metode brukt av Meigal et al. (1998) og Meigal et al. (2003). Variasjonskoeffisienten benyttes som et mål på spredningen av kraftmålingen, og forteller hvor stor variasjonen er i kraftutviklingen i løpet av en kraftmåling. Variasjonskoeffisienten av kraft ble regnet ut fra kraftmålingene ved bruk av ligning (2) og (3).

2.4.2 Metabolsk rate

Gjennomsnittlig oksygenforbruk ($L \cdot \text{min}^{-1}$) og respiratorisk utvekslingsratio (RER) ble benyttet for å finne metabolsk rate (MR). Metabolsk rate ble funnet i $\text{watt} \cdot \text{m}^{-2}$ ved hjelp av ligning (7), (8) og (9) hentet fra Weir (1949):

$$\text{MR}(\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}) = ((1,1 \cdot \text{RER}) + 3,9) \cdot \text{VO}_2 \quad (7)$$

$$\text{MR}(\text{watt}) = \frac{\left(\text{MR}\left(\frac{\text{kcal}}{\text{min}}\right) \cdot 4200\right)}{60} \quad (8)$$

$$\text{MR}(\text{watt} \cdot \text{m}^{-2}) = \frac{\text{MR}(\text{watt})}{\text{kroppsoverflate}(\text{m}^2)} \quad (9)$$

Formel for beregning av kroppsoverflate angitt i ligning (10) er hentet fra Du Bois og Du Bois (1916), hvor vekt er oppgitt i kg og høyde er oppgitt i cm:

$$\text{Kroppsoverflate} (\text{m}^2) = 0,007184 \cdot \text{vekt}^{0,425} \cdot \text{høyde}^{0,725} \quad (10)$$

2.5 Statistikk

Normalfordeling til datasettene ble bekreftet med Q-Q-plot. Dersom forutsetningen om sfærisitet ble brutt ble Greenhouse-Geisser-korreksjon brukt. Alle data er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD), med mindre annet er spesifisert. Resultater ble akseptert som signifikante ved $p < 0,05$.

Toveis analyse av varians (ANOVA) for repeterte målinger ble brukt for å analysere utviklingen av parameterne \bar{T}_{hud} , T_{finger} , $T_{\text{hånd}}$, T_{underarm} , T_{overarm} , T_{re} , MVC, K, CvK, VO_2 og Hf mellom de ulike omgivelsestemperaturene. Enveis ANOVA for repeterte målinger ble benyttet for å analysere forskjellene i de samme parameterne innenfor de ulike omgivelsestemperaturene. Der det ble funnet signifikante forskjeller innenfor og mellom omgivelsestemperaturer ble tohalet paret t-test benyttet for å bestemme hvor forskjellene lå. Pearsons korrelasjon ble brukt for å undersøke om det var en lineær sammenheng mellom hudtemperaturer ($T_{\text{hånd}}$ og T_{underarm}) og presisjon ved kraftmålinger (K og CvK). Ikke-parametriske tester ble brukt for å analysere de subjektive evalueringene. Friedman's test ble benyttet for å undersøke om det var forskjeller i termisk fornemmelse mellom omgivelsestemperaturer, og Wilcoxon signed-rank test ble brukt for å undersøke hvor de signifikante forskjellene lå.

Det ble beregnet effektstørrelse (Cohen's d) for post hoc for sammenligninger ved bruk av ligning (11) (Cohen, 1988). Cohen's d på $0,2 <$, $0,5 <$ og $0,8 <$ representerer henholdsvis små, medium og store forskjeller. Fortegnet til effektstørrelsen indikerer i hvilken retning parameterne endret seg. Negativt fortegn indikerer en reduksjon i parameterne og positivt fortegn en økning i parameterne (Hancock et al., 2007).

$$\text{Cohen's } d = \frac{\text{Eksperimentellgruppe}_{\text{snitt}} - \text{Kontrollgruppe}_{\text{snitt}}}{SD_{\text{snitt}}} \quad (11)$$

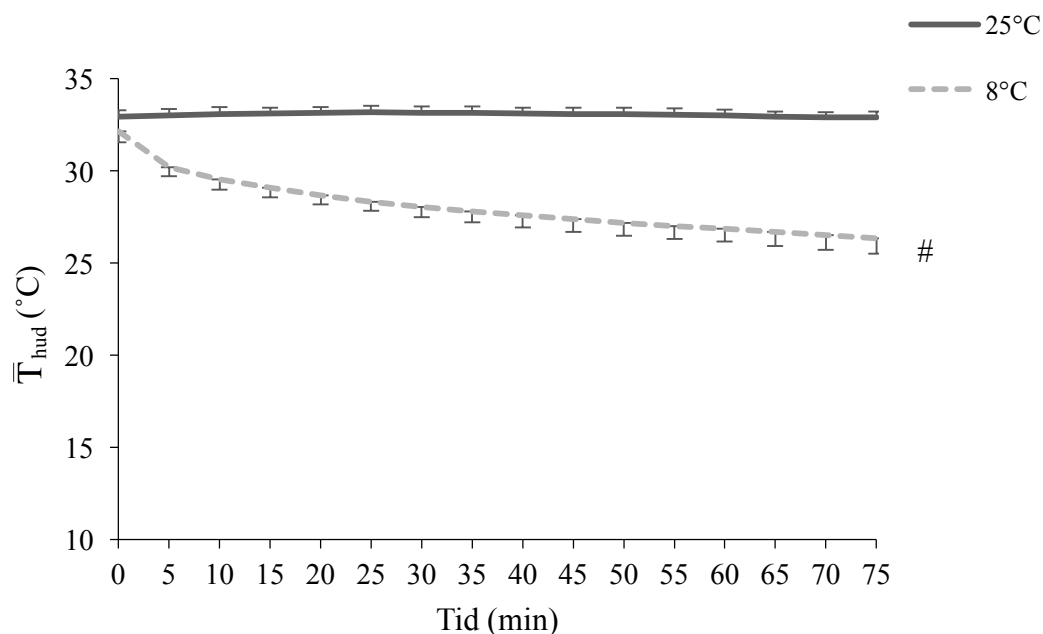
3 RESULTATER

For å teste om finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre reduseres ved eksponering til omgivelsestemperatur ved 8°C målte vi parameterne: hudtemperaturer, rektaltemperatur, gjennomsnittlig kraft og variasjon av kraft for øvelsene gripekraft og fingerkraft, oksygenopptak, hjerterefrekvens og subjektiv evaluering av termisk fornemmelse, komfort og grad av skjelving.

3.1 Effekt av omgivelsestemperatur på kroppstemperatur

3.1.1 Gjennomsnittlig hudtemperatur

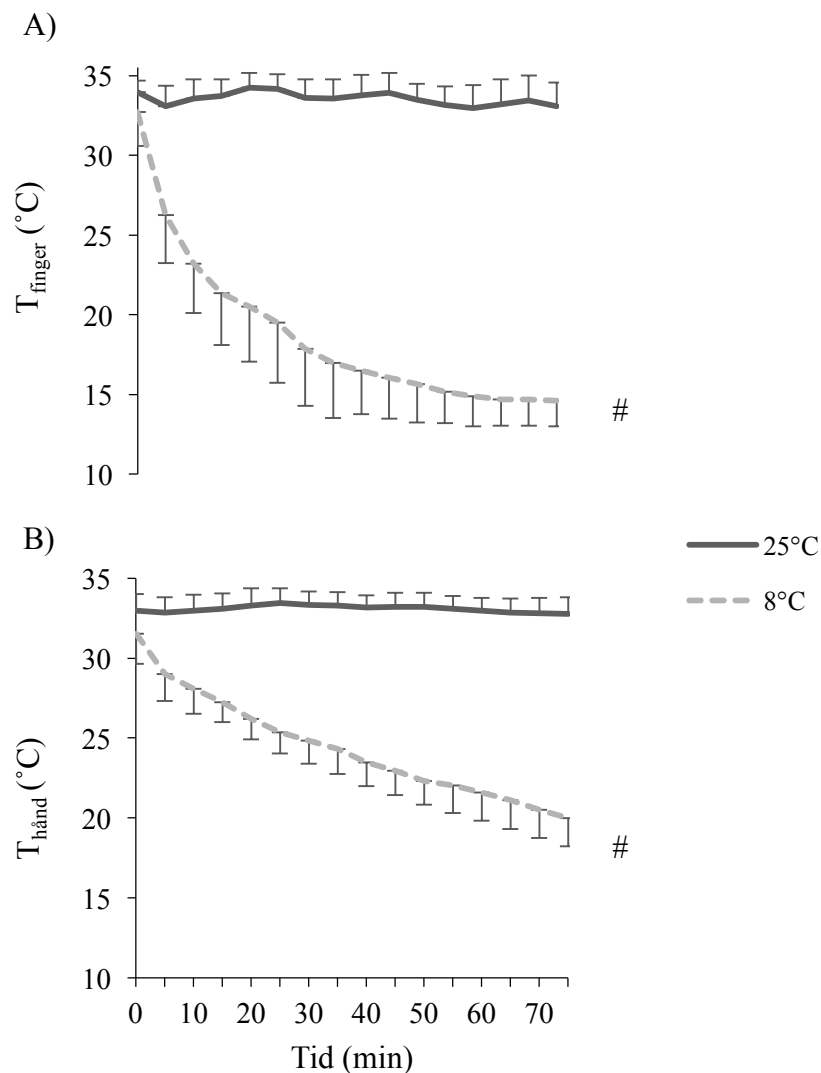
Figur 5 viser \bar{T}_{hud} ved 8°C og 25°C. Da forsøkspersonene ankom klimakammeret hadde de en \bar{T}_{hud} på $32,6 \pm 0,6^\circ\text{C}$. Det var en signifikant reduksjon i \bar{T}_{hud} ved 8°C sammenlignet med 25°C. Ved 8°C var det en umiddelbar reduksjon i \bar{T}_{hud} i løpet av de første 5 minuttene, og \bar{T}_{hud} sank videre gjennom forsøket og var på sitt laveste etter 75 minutter i klimakammeret hvor den var $26,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$. Ved 25°C var \bar{T}_{hud} $33,1 \pm 0,3^\circ\text{C}$.



Figur 5: Gjennomsnittlig hudtemperatur (\bar{T}_{hud}) ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, n=11). # viser signifikant forskjell i \bar{T}_{hud} ved 8°C sammenlignet med 25°C.

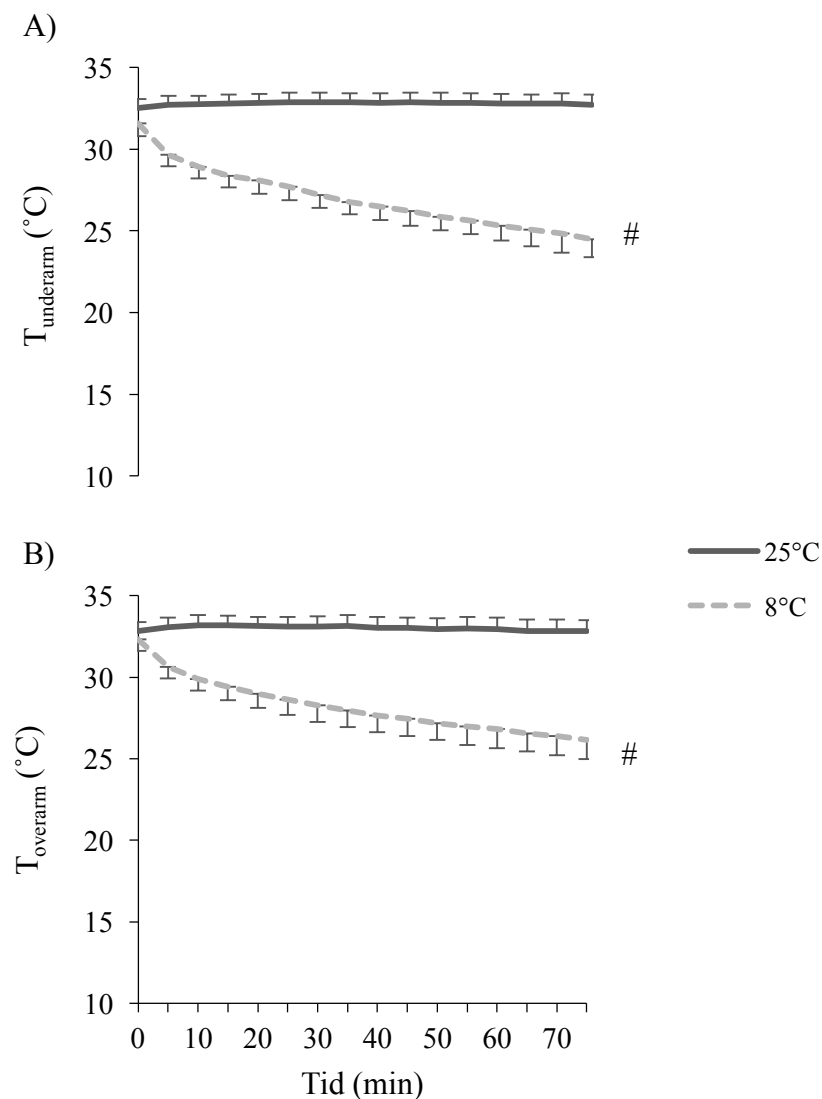
3.1.2 Hudtemperatur på finger, hånd, underarm og overarm

Figur 6 viser T_{finger} og $T_{\text{hånd}}$ ved 8°C og 25°C. Da forsøkspersonene ankom klimakammeret var T_{finger} $33,4 \pm 1,7^\circ\text{C}$ og $T_{\text{hånd}}$ $32,2 \pm 1,7^\circ\text{C}$. Det var en signifikant reduksjon i T_{finger} og $T_{\text{hånd}}$ ved 8°C sammenlignet med 25°C. Ved 8°C var det en umiddelbar reduksjon i T_{finger} og $T_{\text{hånd}}$ i løpet av de første 5 minuttene, og hudtemperaturene sank gjennom hele forsøket og var på sitt laveste etter 75 minutter, da var T_{finger} $14,6 \pm 1,6^\circ\text{C}$ og $T_{\text{hånd}}$ $20,0 \pm 1,8^\circ\text{C}$. Ved 25°C var hudtemperaturene $33,6 \pm 1,3^\circ\text{C}$ for T_{finger} og $33,1 \pm 0,9^\circ\text{C}$ for $T_{\text{hånd}}$.



Figur 6: A) Hudtemperaturer for finger (T_{finger}) og B) hånd ($T_{\text{hånd}}$) ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, $n=15$). # viser signifikant forskjell i T_{finger} og $T_{\text{hånd}}$ ved 8°C sammenlignet med 25°C.

Figur 7 viser T_{underarm} og T_{overarm} ved 8°C og 25°C . Da forsøkspersonene ankom klimakammeret var $T_{\text{underarm}} 32,1 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ og $T_{\text{overarm}} 32,6 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$. Det var en signifikant reduksjon i T_{underarm} og T_{overarm} ved 8°C sammenlignet med 25°C . Ved 8°C var det en umiddelbar reduksjon i T_{underarm} og T_{overarm} i løpet av de første 5 minuttene, og hudtemperaturene sank gjennom hele forsøket og var på sitt laveste etter 75 minutter, da var $T_{\text{underarm}} 24,5 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ og $T_{\text{overarm}} 26,2 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$. Ved 25°C var hudtemperaturene $32,8 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ for T_{underarm} og $33,0 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ for T_{overarm} .



Figur 7: A) Hudtemperaturer for underarm (T_{underarm}) og B) overarm (T_{overarm}) ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, $n=14$). # viser signifikant forskjell i T_{underarm} og T_{overarm} ved 8°C sammenlignet med 25°C .

3.1.3 Hudtemperaturer ved gjennomføring av finmotoriske kraftmålinger

Tabell 2 viser hudtemperaturer ved gjennomføring av de finmotoriske testene for T_{finger} , $T_{\text{hånd}}$, T_{underarm} , T_{overarm} og \bar{T}_{hud} ved 8°C og 25°C. Ved 8°C var det en signifikant reduksjon i alle ovennevnte hudtemperaturer mellom de ulike testene med kraftmålinger. Ved 25°C var det ikke noen forskjell mellom de ulike testene med kraftmålinger.

Tabell 2: Hudtemperaturer for finger (T_{finger}), hånd ($T_{\text{hånd}}$), underarm (T_{underarm}), overarm (T_{overarm}) og gjennomsnittlig hudtemperatur (\bar{T}_{hud}) ved utføring av testene med kraftmålinger ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C.

		T_{finger}	$T_{\text{hånd}}$	T_{underarm}	T_{overarm}	\bar{T}_{hud}
25°C	Test 1	33,5±1,1	32,9±1,0	32,7±0,5	33,0±0,6	33,0±0,4
	Test 2	33,8±1,1	33,4±0,9	32,9±0,6	33,1±0,6	33,2±0,3
	Test 3	33,2±1,2	33,1±0,8	32,8±0,6	33,0±0,7	33,1±0,3
8°C	Test 1	27,4±4,8	29,5±2,2	30,0±1,3	30,9±1,2	30,6±1,2
	Test 2	18,1±3,7*	24,8±1,5*	27,2±0,8*	28,3±1,0*	28,1±0,6*
	Test 3	15,2±2,1*	22,0±1,6*	25,6±0,8*	27,0±1,1*	27,0±0,7*

* viser signifikant forskjell fra test 1 innen samme omgivelsestemperatur.

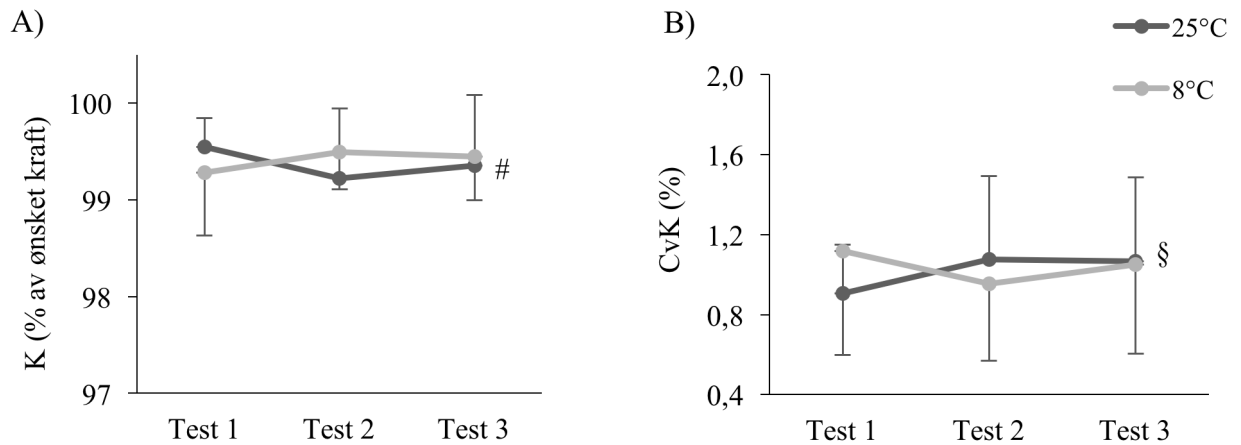
3.1.4 Rektaltemperatur

Da forsøkspersonene ankom klimakammeret var T_{re} $36,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$ og når de forlot klimakammeret var den $36,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$. Det var ingen signifikant forskjell i T_{re} mellom 8°C og 25°C.

3.2 Kraftmålinger

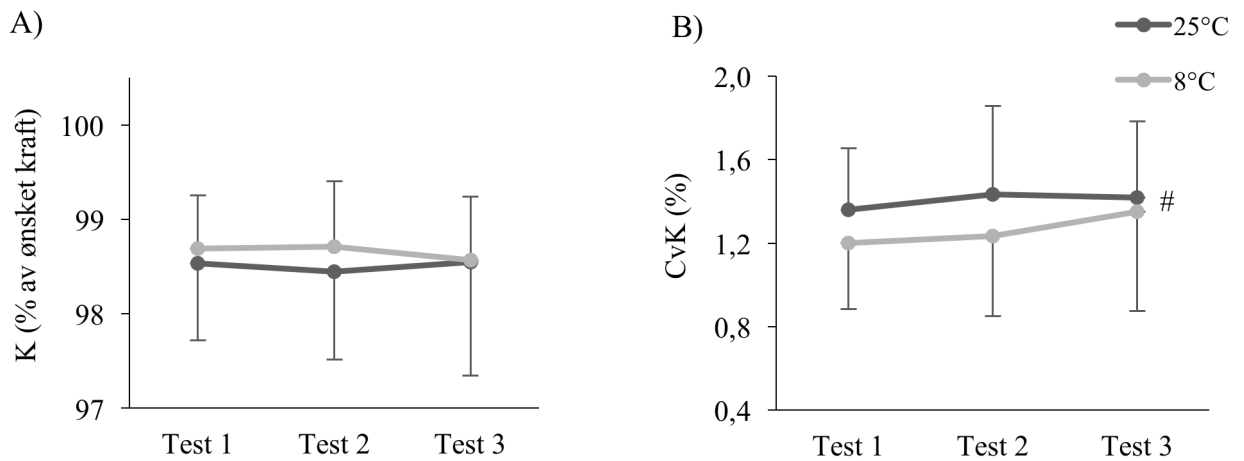
3.2.1 Gripekraft

Figur 8 viser K og CvK for gripekraft ved 10% MVC. Det ble funnet en signifikant effekt av temperatur for K mellom 8°C og 25°C, og en signifikant interaksjon for CvK mellom 8°C og 25°C.



Figur 8: A) Gjennomsnittlige kraftmålinger (K, presentert som % av ønsket kraft) og B) variasjonskoeffisienten av kraft (CvK) for gripekraft for 10% MVC ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, n=14). # viser signifikant effekt av temperatur mellom 8°C og 25°C. § viser signifikant interaksjon mellom 8°C og 25°C.

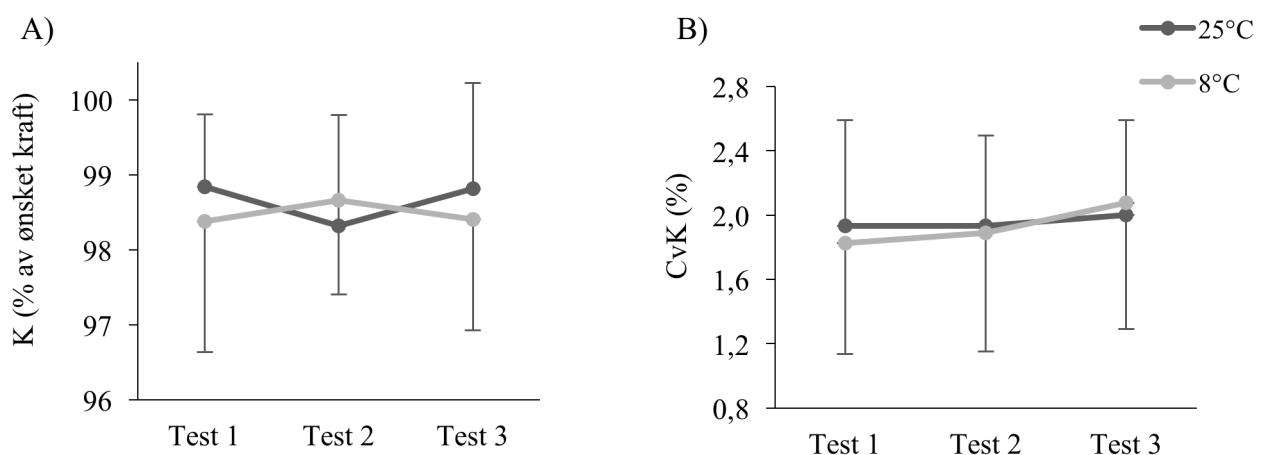
Figur 9 viser K og CvK for gripekraft ved 30% MVC. Det var ingen signifikante forskjeller for K innen eller mellom 8°C og 25°C, mens for CvK var det en signifikant effekt av temperatur.



Figur 9: A) Gjennomsnittlige kraftmålinger (K, presentert som % av ønsket kraft) og B) variasjonskoeffisienten av kraft (CvK) for gripekraft for 30% MVC ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, n=14). # viser signifikant effekt av temperatur mellom 8°C og 25°C.

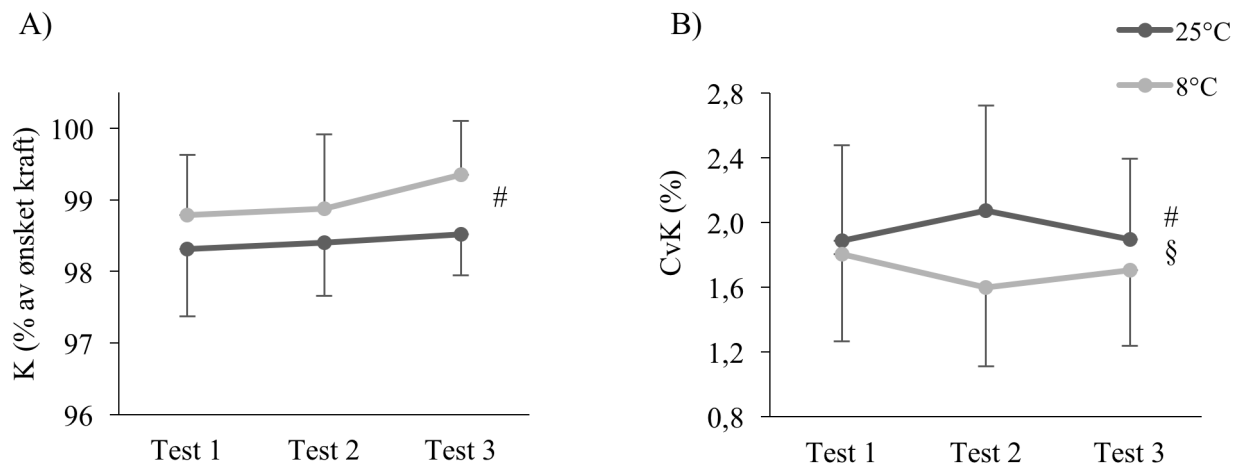
3.2.2 Fingerkraft

Figur 10 viser K og CvK for fingerkraft ved 10% MVC. Det var ingen signifikante forskjeller for K og CvK innen eller mellom 8°C og 25°C.



Figur 10: A) Gjennomsnittlige kraftmålinger (K, presentert som % av ønsket kraft) og B) variasjonskoeffisienten av kraft (CvK) for fingerkraft ved 10% MVC ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, n=15).

Figur 11 viser K og CvK for fingerkraft ved 30% MVC. Det ble funnet en signifikant effekt av temperatur for K og CvK mellom 8°C og 25°C, og en signifikant interaksjon for CvK mellom 8°C og 25°C, hvor variasjonskoeffisienten var signifikant større for 25°C sammenlignet med 8°C ved test 2 ($d = -0,5$).



Figur 11: A) Gjennomsnittlige kraftmålinger (K, presentert som % av ønsket kraft) og B) variasjonskoeffisienten av kraft (CvK) for fingerkraft ved 30% MVC ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD, $n=15$). # viser signifikant effekt av temperatur mellom 8°C og 25°C. § viser signifikant interaksjon mellom 8°C og 25°C.

3.2.3 MVC

Det var ingen signifikante forskjeller i MVC for gripekraft ($n=14$) eller fingerkraft ($n=15$), hverken innenfor eller mellom 8°C og 25°C.

3.3 Korrelasjon mellom hudtemperaturer og finmotorisk kraftkontroll

Det var ingen korrelasjon mellom hudtemperaturer ($T_{\text{hånd}}$ og T_{underarm}) og finmotorisk kraftkontroll (K og CvK) for gripekraft og fingerkraft, uavhengig av intensitet.

3.4 Metabolsk rate og hjertefrekvens

Tabell 3 viser MR og Hf ved 8°C og 25°C. Det var en signifikant forskjell i MR ved hvile 3 ($d = 0,94$) og for Hf ved hvile 2 ($d = -0,24$) mellom 8°C og 25°C. Under prehvile var MR $51 \pm 5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. I 25°C sank MR gjennom forsøket til $47 \pm 4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ved hvile 3. I 8°C økte MR gjennom forsøket til $58 \pm 15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ved hvile 3. Under prehvile var Hf $63 \pm 15 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$. I 25°C var Hf $62 \pm 15 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$ ved hvile 3, og i 8°C var Hf $58 \pm 11 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$ ved hvile 3.

Tabell 3: Målinger for metabolsk rate (MR) (n=14) og hjertefrekvens (Hf) (n=13) ved prehvile, hvile 1, hvile 2 og hvile 3 av forsøk ved omgivelsestemperaturene 8°C og 25°C (gjennomsnitt \pm SD).

		25°C	8°C
MR (W·m ⁻²)	Prehvile	52±5	51±6
	Hvile 1	50±4	50±8
	Hvile 2	46±4	50±10
	Hvile 3	47±4	58±15#
Hf (slag·min ⁻¹)	Prehvile	63±15	64±12
	Hvile 1	64±15	61±12
	Hvile 2	64±15	59±12#
	Hvile 3	62±15	58±11

viser signifikant forskjell mellom 8°C og 25°C.

3.5 Subjektiv evaluering

Tabell 4 viser verdier fra subjektiv evaluering av termisk fornemmelse ved 8°C og 25°C. Det var signifikant forskjell i votering av termisk fornemmelse i 8°C sammenlignet med 25°C for test 1, test 2, test 3 og slutt. Før forsøkspersonene gikk inn i klimakammeret følte de seg nøytral på kropp og hender. I 25°C rapporterte forsøkspersonene at kropp føltes nøytral, og hender nøytral til litt varm gjennom hele forsøket. I 8°C rapporterte forsøkspersonene at hender og kropp var litt kjølig etter test 1, litt kjølig til kjølig etter test 2, kjølig til kald etter test 3 og ved slutten av forsøket.

Det var signifikant forskjell i votering for grad av skjelving i 8°C sammenlignet med 25°C for test 1, test 2, test 3 og slutt. Før start av forsøket oppgav forsøkspersonene at de hverken svettet eller skalv. I 25°C rapporterte forsøkspersonene at de hverken svettet eller skalv gjennom hele forsøket. I 8°C rapporterte forsøkspersonene at de skalv litt av kulde etter test 1 og 2, skalv moderat etter test 3 og ved slutten av forsøket.

Det var signifikant forskjell i votering av termisk komfort i 8°C sammenlignet med 25°C for test 1, test 2, test 3 og slutt. Før start av forsøket følte forsøkspersonene seg komfortabel. I 25°C rapporterte forsøkspersonene at de følte seg komfortable gjennom hele forsøket. I 8°C rapporterte forsøkspersonene at de følte seg litt ukomfortabel etter test 1 og test 2, og ukomfortabel ved test 3 og ved slutten av forsøket.

Tabell 4: Evaluering av termisk fornemmelse ved prehville, test 1, test 2, test 3 og slutt av forsøk for omgivelsestemperatur 8°C og 25°C (median ± range, n=15).

Termisk fornemmelse		25°C	8°C	Skala
Kropp	Prehville	0±2	0±2	
	Test 1	0±2	-1±1#	-3 = kald
	Test 2	0±2	-1±2#	-2 = kjølig
	Test 3	0±2	-2±2#	-1 = litt kjølig
	Slutt	0±2	-2±2#	0 = nøytral
Hender	Prehville	0±2	0±3	1 = litt varm
	Test 1	1±2	-1±3#	2 = varm
	Test 2	1±2	-2±3#	3 = het
	Test 3	0±2	-3±2#	
	Slutt	1±2	-3±2#	
Skjelving	Prehville	4±1	4±0	
	Test 1	4±1	3±2#	1 = skjelver kraftig av kulde
	Test 2	4±1	3±2#	2 = skjelver moderat av kulde
	Test 3	4±1	2±3#	3 = skjelver litt av kulde
	Slutt	4±1	2±2#	4 = hverken svetter eller skjelver
Komfort	Prehville	1±0	1±1	5 = svetter litt
	Test 1	1±0	2±1#	6 = svetter moderat
	Test 2	1±1	2±1#	7 = svetter kraftig
	Test 3	1±1	3±1#	
	Slutt	1±1	3±2#	

viser signifikant forskjell ved 8°C sammenlignet med 25°C.

4 DISKUSJON

Resultatene i vår studie viser at finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre ikke blir påvirket av hverken redusert hudtemperatur eller økt grad av skjelving ved moderat kuldeeksponering.

4.1 Hudtemperaturer og kjernetemperatur

I nøytral omgivelsestemperatur var alle målte hudtemperaturer mellom 33-34°C, og forsøkspersonene rapporterte å føle seg komfortabel og nøytral på kropp, og nøytral til litt varm på hender. Dette er forventet respons for mennesker i termonøytral sone (Drinkwater, 2008), og basert på dette kan vi anta at forsøkspersonene i kontrollforsøkene var termisk nøytrale.

Ved kuldeeksponering ble alle hudtemperaturer redusert, og reduksjonen i hudtemperaturene økte med eksponeringstiden. Forsøkspersonene rapporterte å føle seg ukomfortabel og kjølig til kald på kropp og hender som følge av eksponeringen. De rapporterte alltid å føle seg kaldere på hender enn kropp. Dette samsvarer med hudtemperaturmålingene hvor det oppstod en tydelig temperaturgradient fra kropp til fingre, hvor gjennomsnittlig hud-, overarm-, underarm-, hånd- og fingertemperatur var henholdsvis $27,0 \pm 0,7^\circ\text{C}$, $27,0 \pm 1,1^\circ\text{C}$, $25,6 \pm 0,8^\circ\text{C}$, $22,0 \pm 1,6^\circ\text{C}$ og $15,2 \pm 2,1^\circ\text{C}$ ved siste runde med kraftmålinger. Dette skjer som følge av kuldeindusert vasokonstriksjon som reduserer blodgjennomstrømningen til ekstremiteter. Kaldere hudoverflate fører til lavere temperaturgradient mellom kropp og omgivelser, og bidrar til redusert varmetap (Edwards og Burton, 1959). Kjernetemperaturen sank noe fra start til slutt i forsøkene, uten at det var noen signifikant forskjell mellom omgivelsestemperaturene. Denne utviklingen oppstår trolig som følge av lavt aktivitetsnivå i løpet av forsøksprotokollen.

Det er kjent at redusert muskeltemperatur kan påvirke en rekke fysiske komponenter ved muskelfunksjon (Davis og Young, 1983; Heus et al., 1995), som igjen kan føre til nedsatt finmotorisk yteevne (Meigal, 2002). I vår studie ble det kun gjennomført målinger av hud- og kjernetemperatur for å hindre unødvendig stress for forsøkspersonene. Oksa et al., (1995) har imidlertid gjennomført en studie som viser at temperaturgradienten mellom hud- og kjernetemperatur kan brukes til å estimere underliggende muskeltemperatur. I studien eksponerte de forsøkspersonene til lav omgivelsestemperatur på 10°C i 60 minutter, samtidig som de målte kjernetemperatur, gjennomsnittlig hudtemperatur og muskeltemperaturer i skulder (m. *deltoideus*) og overarm (m. *triceps brachii*) ved to dybder, 20 og 30 mm. Når kjernetemperatur og gjennomsnittlig hudtemperatur var henholdsvis 36,8°C og 25,1°C, målte

muskeltemperatur for skulder og overarm 30,8°C og 30,6°C ved 30 mm dybde, og 28,3°C og 28,1°C ved 20 mm dybde respektivt. Etter 60 minutter kuldeeksponering i vår studie var kjernetemperatur 36,6°C og gjennomsnittlig hudtemperatur 27,0°C. Basert på øvelsene gjennomført i vår studie er det mer interessant å se på lokal hudtemperatur i hånd og underarm, hvor musklene som hovedsakelig kontrollerer fingre og grep ligger. Hudtemperaturen var her henholdsvis 22,0°C og 25,6°C for hånd og underarm. Siden musklers størrelse og mengde underhudsfett påvirker graden av nedkjøling (Clarke et al., 1958; Oksa et al., 1993), kan det tenkes at nedkjølingseffekten av muskler i hånd og underarm er noe større enn for de mer proksimale musklene som ble målt i studien til Oksa et al. (1995). Basert på funnene til Oksa et al. (1995) og ovennevnte grunner, kan vi anta at muskeltemperaturen i hånd og underarm ble redusert i løpet av kuldeeksponeringen i vår studie.

4.2 Finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre

Det ble ikke målt redusert finmotorisk kraftkontroll i hånd eller fingre ved eksponering til kulde, og det var heller ingen korrelasjoner mellom hudtemperaturer og kraftkontroll. Selv om parameterne for kraftkontroll i noen tilfeller viste en signifikant forbedring i presisjon ved kuldeeksponering, var disse forskjellene så små at de ikke vil ha noen praktisk betydning for utføring av arbeidsoperasjoner. Tester med MVC gjennomført før og etter forsøk viser at det ikke har vært noen utmattelseskomponent i studien, og resultatene må derfor forklares av andre årsaker.

Våre resultater stemmer overens med funnene til Meigal et al. (1998) som fant at finmotorisk isometrisk kraftkontroll var veldig effektiv i både termoneutral (27°C) og lav (10°C) omgivelsestemperatur for gripekraft ved 10% MVC. I den ovenfor nevnte studien ble forsøkspersonene eksponert for tre ulike betingelser; nøytral omgivelsestemperatur, lav omgivelsestemperatur og lav omgivelsestemperatur/drikke. Forsøkspersonene satt først i et klimakammer med nøytral omgivelsestemperatur (27°C) i 30 minutter. Deretter ble de flyttet til et klimakammer med lav omgivelsestemperatur (10°C) i 30 minutter, før de drakk 1 L kaldt vann (8°C) og ble eksponert for lav omgivelsestemperatur i ytterligere 15-20 minutter. Eksponering til lav omgivelsestemperatur medførte økt termoregulatorisk muskeltonus, mens drikking av kaldt vann førte til reduksjon i kjernetemperatur og trigget skjelving. Finmotoriske kraftmålinger ble gjennomført ved slutten av hver betingelse hvor gjennomsnittlig hudtemperatur var henholdsvis 33°C, 27°C og 26,5°C for nøytral omgivelsestemperatur, lav

omgivelsestemperatur og lav omgivelsestemperatur/drikke. De fant at gjennomsnittlig kraft var $98,3 \pm 1,2\%$, $96,9 \pm 0,9\%$ og $96,6 \pm 1,3\%$ av ønsket kraft, mens variasjonskoeffisient var $2,2 \pm 0,2\%$, $2,5 \pm 0,2\%$ og $3,6 \pm 0,8\%$ for henholdsvis nøytral omgivelsestemperatur, lav omgivelsestemperatur og lav omgivelsestemperatur/drikke. Etter 50-60 minutter eksponeringstid i vår studie, var gjennomsnittlig hudtemperatur henholdsvis $33,1^{\circ}\text{C}$ og 27°C i nøytral og lav omgivelsestemperatur. Her var gjennomsnittlig kraft for grep $99,4 \pm 0,7\%$ av ønsket kraft i nøytral omgivelsestemperatur og $99,5 \pm 0,5\%$ i lav omgivelsestemperatur, mens variasjonskoeffisienten var $1,1 \pm 0,4\%$ for begge omgivelsestemperaturene. Altså var finmotorisk kraftkontroll for gripekraft veldig presis i begge omgivelsestemperaturer. Det blir mest korrekt å sammenligne våre resultater med betingelsen ”lav omgivelsestemperatur”, hvor Meigal et al. (1998) ikke observerte reduksjon i kjernetemperatur. Reduksjon i kjernetemperatur vil ha en annen påvirkning som gjør resultatene usammenlignbare med våre. Våre resultater for fingerkraft ved 10% MVC stemmer også godt overens med funnene til Meigal et al. (1998). Til forskjell fra Meigal et al. (1998) målte vi kraftkontrollen over en arbeidsperiode på 30 sekunder, sammenlignet med 10 sekunder, for intensiteten 10% MVC. Det ser ikke ut til at lengre arbeidsperioder har noen annerledes påvirkning på prestasjon sammenlignet med kortere arbeidsperioder for isometrisk kraftkontroll.

Det var liten forskjell i kraftkontrollen mellom de ulike intensitetene undersøkt i vår studie. I likhet med 10% MVC viste også øvelsene ved 30% MVC svært presis kraftkontroll for både gripekraft og fingerkraft ved kuldeeksponering. Meigal et al. (2003) utførte en studie hvor de undersøkte hvordan ulike intensiteter påvirket isometrisk kraftkontroll ved eksponering til kulde. De benyttet samme forsøksprotokoll som Meigal et al. (1998), men ulike øvelser. De undersøkte kraftintensitetene var 10%, 20%, 40% og 80% av MVC, målt over en arbeidsperiode på 10 sekunder for skulderleddet. Eksponering til lav omgivelsestemperatur førte i likhet med den tidligere studien til økt termoregulatorisk muskeltonus, mens eksponering til lav omgivelsestemperatur/drikke trigget skjelving. Termoregulatorisk muskeltonus økte muskelaktiviteten med 5-30%, mens skjelving førte til en økning på 30-400%, målt med EMG. De fant at termoregulatorisk muskeltonus ikke påvirket kraftkontrollen for noen av intensitetene, mens skjelving påvirket den laveste intensiteten – 10% MVC. Dette skjedde ved at skjelving økte variasjonskoeffisienten for kraft, uten å endre gjennomsnittlig kraft. Disse funnene stemmer overens med annen forskning som har vist at sterkere viljestyrte kontraksjoner kan motvirke og dermed ”dominere” skjelving for korte perioder (Israel et al., 1993).

Våre resultater for finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre er i tråd med de ovenfor nevnte resultatene, som kan være med på å forklare hvorfor vi målte så effektiv kraftkontroll ved 30% MVC. De kan imidlertid ikke forklare hvorfor vi målte høy presisjon også ved 10% MVC. I studien til Meigal et al. (2003) var tilstedeværelse av skjelving nødvendig for å redusere kraftkontrollen, mens økt muskeltonus alene ikke hadde noen effekt. En mulig forklaring kan være at skjelveresponsen i vår studie ikke var tilstrekkelig til å påvirke kraftkontrollen. Det er vist at reduksjon i kjernetemperatur er nødvendig for å oppnå maksimal utvikling av skjelverespons og varmeproduksjon (Mittleman og Mekjavić, 1991), noe som ikke var tilfellet i vår studie. Våre forsøkspersoner rapporterte imidlertid signifikant grad av skjelving for alle kraftmålingene, og metabolsk rate viste en signifikant økning av stor effektstørrelse ($d > 0,8$) mot slutten av eksponeringstiden. Tidligere studier har i likhet med vår funnet at eksponering til moderat kulde (10°C) fører til aktivering av skjelving inne de første 11 minuttene (Spurr et al., 1957; Tikuisis et al., 1991). I studien til Tikuisis et al. (1991) målte metabolsk rate ca. 130 W etter 60 minutter kuldeeksponering, mens den i vår studie kun målte 90 W. Dette er til tross for at forsøkspersonene i den ovenfor nevnte studien hadde høyere fettprosent ($18 \pm 3\%$) og dermed mer isolasjon mot nedkjøling (Oksa et al., 1993) enn i vår studie. Forskjellene skyldes sannsynligvis ulikheter i forsøksprotokollene med hensyn til bekledding, positur, luftfuktighet og luftstrøm, som alle har betydning for raten av varmetap. Dette underbygges ved at brysttemperatur i studien til Tikuisis et al. (1991) målte 25°C , mens den i vår målte 27°C etter 60 minutter kuldeeksponering. Skjelveresponsen i vår studie ble målt ved spørreskjema, en annen tilnærming og metode enn EMG. Selv om forsøkspersonene rapporterte en eller annen grad av skjelving for alle kraftmålingene, er det ikke sikkert graden av skjelving var lik som i studien til Meigal et al. (2003).

En annen forklaring kan være størrelsen og plasseringen til de ulike musklene undersøkt. Tidligere studier har vist at store og sentrale muskler blir mer aktivert ved skjelving enn mindre og mer perifere muskler (Bell et al., 1992; Meigal et al., 1998), som for eksempel i armen. I studien til Meigal et al. (1998) undersøkte de hvordan finmotorisk kraftkontroll ble påvirket av kuldeeksponering i distale, midtre og proksimale muskler, for henholdsvis grep, albue og skulderledd. De fant at proksimale muskler hadde betydelig dårligere kraftkontroll ved skjelving, mens midtre og distale muskler ikke fikk redusert kraftkontrollen selv om de også skalv og hadde økt muskelaktivitet. En annen studie viser at skjelving i perifere muskler når en intensitet på 1-4% MVC, mens skjelving i sentrale muskler spenner fra 5-16% MVC, målt med EMG (Bell et al., 1992). Meigal et al. (1998) foreslår at presis kraftkontroll for grep og albue

trolig opprettholdes ved hjelp av den økte muskelaktiviteten målt i disse musklene. Økt muskelaktivitet i antagonister gjør ledd stivere ved å begrense antall frihetsgrader (Bernstein, 1967), noe som gjør dem mindre mottagelig for mekanisk skjelving. I vår studie har vi kun undersøkt kraftkontroll i distale muskler, og det kan tenkes at de ovennevnte mekanismene er med på å stabilisere og gjøre presis kraftkontroll mulig selv ved tilstedeværelse av skjelving.

I noen tilfeller er det kjent at skjelving og utføring av finmotoriske oppgaver kan sameksistere. Dette kan blant annet forklares ut ifra rekruttering av forskjellige motorenheter. Finmotoriske oppgaver med lav intensitet aktiverer langsomme motorenheter (Freund, 1983) til forskjell fra skjelving, noe som gjør at de ikke konkurrerer om felles nervebane (Meigal, 2002). Det er også vist at visse viljestyrte mekanismer kan føre til midlertidig undertrykking av skjelveresponsen, som for eksempel avslapping av muskler, holding av pusten og konsentrasjon ved hoderegning (Israel et al., 1993). Bruk av disse mekanismene ble ikke målt i vår studie, men det kan tenkes at konsentrasjonen forsøkspersonene måtte utøve for å holde kraftkontrollen presis og overvåke digital feedback kunne føre til en lignende undertrykkelse av skjelveresponsen. En annen årsak for presis kraftkontroll kan være økt årvåkenhet (Poulton, 1976), eller økt sensitivitet hos muskelreseptorer (Frank et al., 1997) som følge av eksponering til kulde.

Våre resultater for finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre er annerledes enn hva man kan forvente å finne for dynamisk finmotorisk muskellarbeid ved eksponering til kulde. Mens isometrisk muskellarbeid kan vise en forbedret yteevne ved nedkjøling, viser dynamisk muskellarbeid en forverring (Bergh og Ekblom, 1979; Heus et al., 1995; Oksa, 2002). Det er vist at dynamiske fingerferdigheter blir noe redusert ved en lokal hudtemperatur på 20-22°C, mens hudtemperaturer under 15-16°C fører til en betydelig reduksjon i manuell yteevne (Clark, 1961; Schiefer et al., 1984; Wiggen et al., 2011). Dette skyldes i hovedsak effekten av nedkjøling på muskler og ledd (Havenith et al., 1995). I vår studie var lokal hudtemperatur ca. 15°C, 22°C og 25°C på henholdsvis fingre, hånd og underarm mot slutten av eksponeringstiden ved 8°C, uten at dette hadde noen betydelig effekt for isometrisk kraftkontroll. Siden dynamisk muskellarbeid har vist seg å være mer påvirket av kuldeeksponering, hadde det vært interessant å gjennomføre en studie som ser på finmotorisk kraftkontroll for dynamiske arbeidsoperasjoner ved nedkjøling. Dette ble ikke gjort i vår studie fordi vi mangler gode metoder for å måle dynamisk kraftkontroll. Sammen med våre resultater for isometrisk kraftkontroll ville dette gitt et mer helhetlig bilde på hvordan finmotoriske arbeidsoperasjoner blir påvirket ved arbeid i kalde omgivelser.

4.3 Praktisk betydning

Resultatene fra vår studie viser at finmotorisk isometrisk kraftkontroll i hånd og fingre ikke blir redusert ved nedkjøling. Til tross for at kraftkontrollen ikke ble redusert, rapporterte forsøkspersonene å føle seg kalde og ukomfortable ved utførelse av oppgavene. Det er vist at følelse av ubehag kan være en distraherende faktor, som kan legge beslag på store deler av oppmerksomheten og redusere utførelsen av oppgaver som krever konsentrasjon og årvåkenhet (Teichner, 1958; Bowen, 1968; Mäkinen, 2007). Dette vil medføre en økt risiko for uhell og skader forbudt med arbeid i kalde omgivelser (Palinkas, 2001). I denne studien ble lokal hudtemperatur på hånd og underarm redusert til 22°C og 25°C respektivt. Dette var når forsøkspersonene kun hadde på seg tynt ullundertøy. I arbeidslivet er det imidlertid vanlig å bruke en form for arbeidsbekledning, noe som kan påvirke raten og graden av nedkjøling. Våre resultater kan likevel være gjeldene for arbeidssituasjoner hvor hudtemperatur blir redusert i like stor grad som målt i vår studie. Denne studien målte effekt av kuldeeksponering i 75 minutter, en arbeidsdag er imidlertid mye lengre, og det kan tenkes at lengre kuldeeksponering kan ha andre effekter på yteevne. Menn som arbeider innen bygningsarbeid, gruvedrift og andre relaterte yrker tilbringer gjennomsnittlig 12-18 timer utendørs i uka (Mäkinen et al., 2006). Det er vist at sammenhengende eksponeringstid i kulde (<10°C) på over 60 minutter henger sammen med dårligere prestasjoner (Pilcher et al., 2002). Dette er noe industrier med eksponering til kulde burde være oppmerksom på. I arbeidslivet er det sjelden man kun bruker isometrisk muskelarbeid alene, og som tidligere studier viser, blir dynamisk muskelarbeid betydelig redusert ved eksponering til kulde. Selv om kuldeeksponering i vår studie ikke reduserte finmotorisk isometrisk kraftkontroll, kan andre faktorer være med på å redusere yteevne i løpet av en arbeidsdag i kalde omgivelser.

5 KONKLUSJON

Resultatene i denne studien viser at finmotorisk kraftkontroll i hånd og fingre ikke blir påvirket av hverken reduserte hudtemperaturer, eller økt grad av skjelving ved eksponering til moderat kulde ved 8°C. Det var ingen korrelasjon mellom hudtemperaturer og finmotorisk kraftkontroll, uavhengig av intensitetsnivå og øvelse. Mennesker som blir utsatt for et tilsvarende kuldestress som i vår studie, vil dermed ikke ha en redusert finmotorisk kraftkontroll i isometriske arbeidsoperasjoner, til tross for at de kjenner seg kalde, skjelver og føler ubehag.

6 REFERANSER

- Bell, D. G., Tikuisis, P. og Jacobs, I. (1992) Relative intensity of muscular contraction during shivering, *Journal of Applied Physiology*, 72(6), s. 2336-2342.
- Bergh, U. og Ekblom, B. (1979) Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles, *Acta Physiologica Scandinavica*, 107(1), s. 33-37.
- Bernstein, N. A. (1967) *The co-ordination and regulation of movement*. New York: Pergamon Press.
- Bowen, H. M. (1968) Diver performance and the effects of cold, *Human Factors*, 10(5), s. 445-464.
- Buggy, D. J. og Crossley, A. W. A. (2000) Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and post-anaesthetic shivering, *British Journal of Anaesthesia*, 84(5), s. 615- 628.
- Burton, A. C. og Bronk, D. W. (1937) The motor mechanism of shivering and thermal muscular tone, *American Journal of Physiology*, 119, s. 284.
- Castellani, J. W. og Tipton, M. J. (2016) Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance, *American Physiological Society*, 6(1), s. 443-469.
- Clark, R. E. (1961) The limiting hand skin temperature for unaffected manual performance in the cold, *Journal of Applied Physiology*, 45(3), s. 193-194.
- Clarke, R. S. J., Hellon, R. F. og Lind, A. R. (1958) The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures, *The Journal of Physiology*, 143(3), s. 454-473.
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2. utg. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Davis, C. T. M. og Young, K. (1983) Effect of temperature on the contractile properties and muscle power of triceps surae in humans, *Journal of Applied Physiology*, 55(1), s. 191-195.
- Drinkwater, E. (2008) Effects on peripheral cooling on characteristics of local muscle, *Medicine and Sport Science*, 53, s. 74-88.
- Drinkwater, E. og Behm, D. G. (2007) Effects of 22°C muscle temperature on voluntary and evoked muscle properties during and after high-intensity exercise, *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32(6), s. 1043-1051.
- Du Bois, D. og Du Bois, E. F. (1916) A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known, *Archives of International Medicine*, 17(6), s. 863-871.
- Durnin, J. og Womersley, J. (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and woman aged from 16 to 72 years, *British Journal of Nutrition*, 32(1), s. 77-97.

- Edwards, M. og Burton, A. C. (1959) Correlation of heat output and blood flow in the finger, especially in cold-induced vasodilation, *Journal of Applied Physiology*, 15(2), s. 201-208.
- Frank, S. M., Higgins, M. S., Fleisher, L. A., Sitzmann, J. V., Raff, H. og Breslow, M. J. (1997) Adrenergic, respiratory, and cardiovascular effects of core cooling in humans, *American Journal of Physiology*, 272(2), s. 557-562.
- Freund, H. J. (1983) Motor unit and muscle activity in voluntary motor control, *Physiological Reviews*, 63(2), s. 387-436.
- Færevik, H., Markussen, D., Øglænd, G. E. og Reinertsen, R. E. (2001) The thermoneutral zone when wearing aircrew protective clothing, *Journal of Thermal Biology*, 26(4), s. 419-425.
- Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J. og Hardy, J. D. (1967) Comfort and thermal sensation and associated physiological responses at various ambient temperatures, *Environmental Research*, 1(1), s. 1-20.
- Haman, F., Legault, S. R. og Weber, J-M. (2004) Fuel selection during intense shivering in humans: EMG pattern reflects carbohydrate oxidation, *The Journal of Physiology*, 556(1), s. 305-313.
- Hancock, P., Ross, J. og Szalma, J. (2007) A meta-analysis of performance response under thermal stressors, *Human Factors and Ergonomic Society*, 49(5), s. 851-877.
- Havenith, G., Heus, R. og Daanen, H. A. M. (1995) The hand in the cold, performance and risk, *Arctic Medical Research*, 54(2), s. 37-47.
- Heus, R., Daanen, H. A. M. og Havenith, G. (1995) Physiological criteria for functioning of hands in the cold: a review, *Applied Ergonomics*, 26(1), s. 5-13.
- Holck, P. (2017) *Musklene*. Store medisinske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://sml.no/musklene> (Hentet: 23. april 2017).
- Israel, D. J., Wittmers, L. E., Hoffman, R. G. og Pozos, R. S. (1993) Suppression of shivering by breath holding, relaxation, mental arithmetic, and warm water digestion, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 64, s. 1108-1112.
- Jessen, C. (2001) *Temperature Regulation in Humans and Other Mammals*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Konrad, P. (2005) The ABC of EMG – A practical introduction to kinesiological electromyography, Version 1.0, Noraxon INC, USA.
- MacDougall, J. D., Wenger, H. A. og Green, H. J. (1991) *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. 2. utg. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Meigal, A. Y. (2002) Gross and fine neuromuscular performance at cold shivering, *International Journal of Circumpolar Health*, 61(2), s. 163-172.

- Meigal, A. Y., Lupandin, Y. V. og Hänninen, O. (1996) Influence of cold and hot conditions on postactivation in human skeletal muscles, *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 432(1), s. 121-125.
- Meigal, A. Y., Oksa, J., Hohtola, E., Lupandin, Y. V. og Rintamäki, H. (1998) Influence of cold shivering on fine motor control in the upper limb, *Scandinavian Physiological Society*, 163(1), s. 41-47.
- Meigal, A. Y., Oksa, J., Gerasimova, L. I., Hohtola, E., Lupandin, Y. V. og Rintamäki, H. (2003) Force control of isometric elbow flexion with visual feedback in cold with and without shivering, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 74(8), s. 816-821.
- Mittleman, K. D. og Mekjavić, I. B. (1991) Contribution of core cooling rate to shivering thermogenesis during cold water immersion, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 62(9), s. 842-848.
- Mäkinen, T. M. (2007) Human Cold Exposure, Adaption, and Performance in High Latitude Environments, *American Journal of Human Biology*, 19(2), s. 155-164.
- Mäkinen, T. M., Raatikka, V. P., Rytönen, M., Jokelainen, J., Rintamäki, H., Ruuhela, R., Näyhä, S. og Hassi, J. (2006) Factors affecting outdoor exposure in winter: Population-based study, *International Journal of Biometeorology*, 51(1), s. 27-36.
- Nielsen, R., Gavhed, D. C. E. og Nilsson, H. (1989) Thermal function of a clothing ensemble during work: dependency on inner clothing layer fit, *Ergonomics*, 32(12), s. 1581-1594.
- Oksa, J. (2002) Neuromuscular performance limitations in cold, *International Journal of Circumpolar Health*, 61(2), s. 154-162.
- Oksa, J., Rintamäki, H. og Mäkinen, T. M. (1993) Physical characteristics and decrement in muscular performance after whole body cooling, *The Annals of Physiological Anthropology*, 12(6), s. 335-339.
- Oksa, J., Rintamäki, H., Mäkinen, T. M., Hassi, J. og Rusko, H. (1995) Cooling induced changes in muscular performance and EMG activity of agonists and antagonist muscles, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66(1), s. 26-31.
- Olesen, S., Bassing, J. og Fanger, P. (1972) Physiological comfort conditions at sixteen combinations of activity, clothing, air velocity and ambient temperature, *ASHRAE Transactions*, 78(2254), s. 199-203.
- Palinkas, L. A. (2001) Mental and cognitive performance in the cold, *International Journal of Circumpolar Health*, 60(3), s. 430-439.
- Petrofsky, J. S. og Lind, A. R. (1975) Insulative power of body fat on deep muscle temperatures and isometric contractions, *Journal of Applied Physiology*, 39(4), s. 639-642.
- Pilcher, J. J., Nadler, E. og Busch, C. (2002) Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review, *Ergonomics*, 45(10), s. 682-698.

- Poulton, E. C. (1976) Arousing environmental stresses can improve performance, whatever people say, *Aviation Space and Environmental Medicine*, 47(11), s. 1193-1204.
- Racinais, S. og Oksa, J. (2010) Temperature and neuromuscular function, *Scandinavian Journal of Medicine og Science in Sports*, 20(3), s. 1-18.
- Rintamäki, H. (2007) Human responses to cold, *Alaska Medicine*, 49(2), s. 29-30.
- Schiefer, R. E., Kok, R., Lewis, M. I. og Meese, G. B. (1984) Finger skin temperature and manual dexterity; some inter-group differences, *Applied Ergonomics*, 15(2) s.135-141
- Spurr, G. B., Hutt, B. K. og Horvath, S. M. (1957) Shivering, oxygen consumption and body temperatures in acute exposure of men to different cold environments, *Journal of Applied Physiology*, 11(1), s. 58-64.
- Teichner, W. H. (1958) Reaction time in the cold, *Journal of Applied Physiology*, 42, s. 54-59.
- Tikuisis, P., Bell, D. G. og Jacobs, I. (1991) Shivering onset, metabolic response, and convective heat transfer during cold air exposure, *Journal of Applied Physiology*, 70(5), s. 1996-2002.
- Wakabayashi, H., Oksa, J. og Tipton, M. J. (2015) Exercise performance in acute and chronic cold exposure, *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 4(2), s. 177-185.
- Weir, J. B. (1949) New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism, *The Journal of Physiology*, 109(1), s. 1-9.
- Wiggen, Ø. N. (2012) Optimal performance in cold, PhD Thesis, NTNU, Faculty of Natural Sciences and Technology, Department of Biology, s. 1-125.
- Wiggen, Ø. N., Heen, S., Færevik, H. og Reinertsen, R. E. (2011) Effect of cold conditions on manual performance while wearing petroleum industry protective clothing, *Industrial Health*, 49(4), s. 443-451.

7 VEDLEGG

A.1 Informasjon til forsøkspersoner og samtykkeerklæring

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

" Finmotorisk kraftkontroll og termoregulatorisk muskeltonus ved ulike hudtemperaturer."

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en forskningsstudie for å gi kunnskap som kan bidra til å redusere muskel- og skjelettlidelser gjennom å studere hvordan termoregulatorisk muskeltonus blir påvirket av redusert hudtemperatur. Og også å utvikle ny kunnskap om hvordan finmotorisk kraftkontroll blir påvirket av reduserte hudtemperaturer som følge av nedkjøling, for å kunne bidra til å øke yteevne og da også sikkerhet ved manuelt arbeid utendørs i kulde. Det har den siste tiden vært en jevn økning i aktiviteten i nordområdene, spesielt i petroleumsindustrien og til dels i gruvedriften. Denne økte aktiviteten i kaldere og mer ekstreme arbeidsmiljø stiller store krav til helse og sikkerhet samtidig som yteevnen skal opprettholdes. Det ser ut til at arbeid i kulde øker forekomsten av muskel- og skjelettlidelser sammenliknet med likt arbeid i varmere omgivelser. Flere studier viser en sammenheng mellom opprettholdt aktivitet i trapezius og nakke- og skuldresmerter og utvikling av dette. Siden arbeidsrelaterte muskel- og skjelettlidelser er den mest rapporterte årsaken til arbeidsrelatert sykdom i offshore petroleumsindustrien, er det av interesse å undersøke om muskelaktivitetsmønstre og arbeidsbelastning blir endret ved kuldeeksponering. Vi ønsker å se på rekrutteringen av muskler ved pre-skjelving (termoregulatorisk muskeltonus) og ved hvilke hudtemperaturer det forekommer.

Manuell yteevne er viktig for å kunne opprettholde arbeidet under krevende situasjoner, men det kan også være essensielt for sikkerheten. Man vet at manuell yteevne svekkes ved lave hudtemperaturer og muskelaktiviteten øker i kulde sammenliknet med mer nøytrale omgivelser. Men man vet lite om hvorvidt det skjer endringer i finmotorisk kraftkontroll når hudtemperaturen senkes, og om det eventuelt finnes en terskelverdi og hvilken effekt det har på muskelnivå. For å kunne ivareta god helse, sikkerhet og yteevne for arbeidere i nordområdene behøver man mer kunnskap om muskelaktivitetsmønstre og kraftkontroll under arbeid i kulde.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer en pre-test samt en hoved-test, totalt to besøk ved arbeidsfysiologisk laboratorium. Testene vil gjennomføres høsten 2016. Ved pre-testen skal forsøkspersonen bli kjent med øvelsene og oppgavene, og gjennomføre de isometriske testene til et læringsplata er oppnådd. Slik begrenser vi at læringseffekt har innvirkning på resultatene. Hovedtesten vil gjennomføres sittende iført short ved en omgivelsestemperatur på 10-15 °C. Det vil bli målt oksygenopptak (VO₂) muskelaktivering (EMG), kraftkontroll, hjerterefrekvens og hud- og rektal temperatur. Mer detaljert informasjon om studien finnes i vedlegg A.

Mulige fordeler og ulemper

Fordeler med å delta i studien er at forsøkspersonen kan få mer inngående kunnskap om hvordan bekledning kan påvirke menneskets funksjon. Deltakerne kan oppleve ubehag ved det å bli kald. Bruk av rektalprobe kan av enkelte oppleves som ubehagelig. Det er som vi kjenner ingen risiko knyttet til deltakelse i dette prosjektet.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Prøvene tatt av deg og informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger og prøver gjennom en navneliste.

Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Data vil bli slettet 1.1.2021. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Jeg er kjent med at kamera for observasjon av forsøket er i drift, og gir min godkjenning til dette. Det er ikke mulig å gjøre opptak med kameraet, og film blir ikke lagret. Observasjonen er kun for at prosjektmedarbeidere av sikkerhetsmessige årsaker skal kunne følge med på forsøket.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Om du nå sier ja til å delta, kan du senere trekke tilbake ditt samtykke uten at det påvirker din øvrige behandling. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte:

Julie Renberg, MSc, PhD Stipendiat SINTEF, tlf 911 54 489, e-post julie.renberg@sintef.no

Ytterligere informasjon om studien finnes i kapittel A – utdypende forklaring av hva studien innebærer. Ytterligere informasjon om biobank, personvern og forsikring finnes i kapittel B – Personvern, biobank, økonomi og forsikring.

Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Finmotorisk kraftkontroll og termoregulatorisk muskeltonus ved ulike hudtemperaturer. –
Kapittel A og B – Desember 2015

Kapittel A- utdypende forklaring av hva studien innebærer

Utstyr og målinger

Antropometriske målinger (alder, høyde, vekt og fettprosent) vil bli gjort ved hjelp av akkreditert måleutstyr. Hjerterefrekvens vil bli registrert med pulsklokke. Metabolsk rate vil bli målt ved hjelp av en oksygenanalysator. Hudtemperaturen blir målt ved plassering av 12 hudtermistorer ulike steder på kroppen. Kjernetemperatur blir registrert med rektalprobe. Subjektiv evaluering av temperatur og komfort vil bli gjennomført ved bruk av et spørreskjema. EMG vil bli målt på flere sentrale muskler. Styrke i arm- og skulderledd, samt kraftkontroll, blir målt med kraftceller.

Forsøkspersoner:

Subjektene som skal delta vil bli innkalt til møte i god tid før første forsøksdag, hvor de vil bli informert både muntlig og skriftlig om forsøket. Samtykkeerklæring vil bli fremlagt og ønsker subjektene og delta vil de få en opplæring i de ulike testene som skal benyttes under forsøket. I forkant av studiet vil alle deltakerne gjennomgå en generell vurdering av lege.

Inklusjonskriterier:

For å kunne delta i forsøket må du:

1. Vurderes av lege
2. Være en sunn og frisk mann mellom 18 og 35 år
3. Fettprosent på ≤ 15 %.
4. Du må videre ikke være utsatt for frostskafer eller ha hvite fingre (Raynauds syndrom).

Eksklusjonskriterier:

Deltakerne vil bli ekskludert hvis de tidligere har vært utsatt for frostskafer. Deltakere med Raynauds syndrom (hvite fingre) vil heller ikke kunne delta.

Tidsplan:

Studien vil ha oppstart i august 2016 og avsluttes november 2016. Hver enkelt forsøksperson vil gjennomføre alle testene i løpet av ca to uker. Forsøkspersonene må regne med å sette av 2 timer til pretesten, og en halv dag (4 timer) til hovedtesten.

Honorar:

Forsøkspersonene vil motta en kompensasjon på 1000,- for deltakelse og ulempe.

Finmotorisk kraftkontroll og termoregulatorisk muskeltonus ved ulike hudtemperaturer. –
Kapittel A og B – Desember 2015

Kapittel B - Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg er alder, høyde, vekt, fettprosent. Det vil også bli samlet inn data på hud- og kjernetemperatur, muskelaktivering (EMG), metabolsk rate (VO₂) og hjertefrekvens.

Det er bare prosjektmedarbeidere som får tilgang til datamaterielt. Alle prosjektmedarbeidere har taushetserklæring. Prosjektmedarbeiderne er:

Randi E. Reinertsen, Forskningssjef/Professor II, SINTEF/NTNU Karin Roeleveld, PhD, professor, NTNU Øystein Wiggen, PhD, forsker, SINTEF Julie Renberg, MSc, PhD stipendiat, NTNU/SINTEF, Kristine Blomvik Dyb, BSc, Master student, NTNU Juha Oksa, PhD, professor, FIOH.

SINTEF Teknologi og samfunn, avdeling Helse ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

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

registrert. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Økonomi

Studien er en del av Skiftarbeid og spesielle arbeidstidsordninger prosjektet finansiert gjennom Norges forskningsråd, ENI, Norsk Sykepleierforbund, Fagforbundet og Spekter. Det er ingen interessekonflikter i prosjektet.

Forsikring

Deltakerne i studien vil være forsikret gjennom SINTEF sine forsikringsordninger.

Informasjon om utfallet av studien

Deltakerne i studien vil bli informert om resultatene når disse foreligger. Deltakerne har også rett til innsikt i sine individuelle data.

Finmotorisk kraftkontroll og termoregulatorisk muskeltonus ved ulike hudtemperaturer – Kapittel A og B – Desember 2015.

"Finmotorisk kraftkontroll og termoregulatorisk muskeltonus ved ulike hudtemperaturer."

Samtykke til deltakelse i studien


Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

A.2 Svarark for subjektiv evalueringsskjema

 SINTEF	Dok. nr <i>Internal Reg. No.</i> KS 78-05-02	Gradering <i>Classification</i> Intern	Utgave nr. <i>Revision no.</i> 1.0	Dato <i>Date</i> 2009-02-10	
Kvalitetssikring <i>Quality Assurance</i>	Utarb. Av <i>Prep. by</i> Maria Suong Tjønnås	Godkjent av <i>Approved by</i> Hilde Færevik		Side <i>Page</i> 43	Av <i>Of</i> 1

Svarark for subjektiv evalueringsskjema generelt

1. Hvordan føler du deg termisk din (e):

1) Kropp? 2) Føtter? 3) Hender? 4) Hodet? 5) Nakke?

- 3 kald
- 2 kjølig
- 1 litt kjølig
- 0 nøytral
- 1 litt varm
- 2 varm
- 3 het

3. Hvordan vil du foretrekke den omgivende lufttemperatur?

- 1 mye kjøligere
- 2 litt kjøligere
- 3 nøytral
- 4 litt varmere
- 5 mye varmere

2. Du?

- 1 skjelver kraftig av kulde
- 2 skjelver moderat av kulde
- 3 skjelver litt av kulde
- 4 hverken svetter eller skjelver
- 5 svetter litt
- 6 svetter moderat
- 7 svetter kraftig

4. Hvordan føler du deg termisk tilpass?

- 1 komfortabel
- 2 litt ukomfortabel
- 3 ukomfortabel
- 4 svært ukomfortabel