



Nedkjøling og gjenoppvarming av hender hos soldater i førstegangstjeneste

– analyser av data fra en standardisert kuldeprovokasjonstest

Nina Rones

Hilde K. Teien

Kristine Gulliksrud

James Mercer¹

Arne Johan Norheim^{1,2}

¹Det helsevitenskapelige fakultet, UiT Norges arktiske universitet (UiT)

²Fagavdeling, Forsvarets sanitet (FSAN)

Nedkjøling og gjenoppvarming av hender hos soldater i førstegangstjeneste – analyser av data fra en standardisert kuldeprovokasjonstest

Nina Rones
Hilde K. Teien
Kristine Gulliksrud
James Mercer¹
Arne Johan Norheim^{1,2}

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

¹ Det helsevitenskapelige fakultet, UiT Norges arktiske universitet (UiT)

² Fagavdeling, Forsvarets sanitet (FSAN)

4. april 2022

Emneord

Blodsirkulasjon

Kulde

Fysiologiske responser

Soldater

Temperaturregulering

Termografi

FFI-rapport

22/00661

Prosjektnummer

1549

Elektronisk ISBN

978-82-464-3397-4

Engelsk tittel

Cooling and rewarming of the hands of military conscripts following a standardized cold challenge

Godkjennerne

Øyvind A. Voie, *forskningsleder*

Janet M. Blatny, *forskningsdirektør*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammen drag

Evne til å opprettholde god fingerferdighet hos mannskapet er viktig for Forsvaret og andre virksomheter hvor personalet må kunne håndtere verktøy og materiell utendørs. Da er det avgjørende med kunnskap som kan bidra til å forebygge lokale kulde- og frostska der med påfølgende reduksjon i fingerferdighet. Det er generelt lite forskningskunnskap om hvordan kulde påvirker soldatenes helse. Formålet med denne rapporten er å bidra til dette kunnskapsfeltet ved å undersøke hvorvidt kaldvæ rsekspone ring under militærtjeneste i Nord-Norge, inkludert deltakelse på en vinterfeltøvelse, påvirker fysiologiske responser (nedkjølingshastighet og/eller oppvarmingshastighet) i hender.

For å svare på problemstillingen ble det gjennomført analyser av et datasett som Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har overtatt fra Forsvarets sanitet (FSAN). Datasettet består av hudtemperatur på hendene hos to soldatkohorter i førstegangstjeneste på Setermoen, hvorav den ene kohorten startet tjenesten i august og den andre i januar. Temperaturdataene var generert fra termografiske bilder (termogrammer/varmefotografier) tatt av hendene til de to kohortene før og etter en standardisert kuldeprovokasjonstest. Kuldeprovokasjonstesten ble gjennomført på to ulike tidspunkt, først ved innrykk til førstegangstjeneste og deretter etter deltakelse på en vinterøvelse.

Fra analyse av datasettet kan det se ut til at hendene til soldatene varmes opp litt raskere rett etter vinterøvelsen enn ved innrykk, og dette gjaldt begge kohortene. Vi fant ingen forskjell i gjenoppvarmingshastighet mellom de to kohortene. Imidlertid kan det se ut til at augustkohortens hender ble raskere nedkjølt etter vinterøvelsen enn hva de ble ved innrykk i august. Samtidig fant vi ikke en slik endring i nedkjølingshastighet hos januarkohorten.

Målingene var ikke planlagt eller designet for å forklare hva som er årsaken(e) til disse funnene. For å kunne forstå bedre hvorvidt kaldvæ rsekspone ring, og eventuelt årstidsakklimatisering, påvirker fysiologiske responser (nedkjølingshastighet og/eller oppvarmingshastighet) i ekstremiteter, er det behov for studier som registrerer og kontrollerer for ulike faktorer som kan påvirke resultatet.

Det er viktig for Forsvaret å undersøke hvorvidt trening under vinterforhold reduserer en soldats evne til å varme opp hendene etter en standardisert kuldeprovokasjonstest. Et slikt funn indikerer en lokal kuldeska de og dermed redusert operativ evne, særlig under vintertrening.

Summary

The ability to maintain manual dexterity is important for Armed Forces personnel, as it is for e.g. industrial workers who have to handle tools and equipment outdoors. To increase our knowledge in this field, scientific studies are required in order to help prevent local cold and frost damage with a consequent reduction in dexterity. The object of this report is to contribute to this field of knowledge by examining whether cold weather exposure during military service in northern Norway, including participation in a winter field exercise, affects physiological responses (cooling rate and/or heating rate) in hands. The aim of the analysis was to find out whether it is possible to identify changes in cooling and/or heating rate in the conscripts' hands after participating in the winter exercise.

This report presents results from analysis of a data set consisting of examining skin temperature changes following a standardised cold provocation test on the back of the hands of two cohorts of conscripts in basic military training at Setermoen garrison, of which one cohort started their service in August and the other in January. The temperature data was generated from thermographic images that the Norwegian Armed Forces Joint Medical Services had taken from the hands of the two cohorts of conscripts at two time points; first during the first week of basic training and then following participation in a winter exercise.

Analysis of the data set shows a tendency in both cohorts that their hands warm up a little faster following the winter exercise compared to the findings from the first week of basic training. No difference in reheating rate between the two cohorts was found. However, the hands of the August cohort tended to cool down faster after the winter exercise than in the first week of basic training in August. This tendency was not seen in the January cohort.

This study was not designed to explain the cause(s) of these findings. In order to better understand whether cold weather exposure, and possibly seasonal acclimatization, affects physiological responses (cooling rate and/or heating rate) in the extremities, there is a need for control of these variables.

The importance of this research for the Armed Forces is to investigate whether training under winter conditions reduces a soldier's ability to rewarm the hands following a standardized cold stress test. Such a finding is indicative of a local cold weather injury, and a reduced operational capability during winter training.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	8
1.1 Problemstillinger	9
2 Kaldværsskader og blodsirkulasjon	10
2.1 Kaldværsskader	10
2.2 Blodsirkulasjon og temperatur i hender	10
3 Soldatundersøkelsen	13
3.1.1 Termografi (DIRT) til diagnostisering av kaldværsskader	13
3.2 Soldatundersøkelsens deltakere og datainnsamling	15
3.3 Termografiske målinger	15
3.3.1 Ved innrykk til førstegangstjeneste	15
3.3.2 Etter vinterøvelse	19
4 FFIs bearbeiding og analyse av datasettet fra Soldatundersøkelsen	20
5 Resultater	22
5.1 Gjenoppvarming	22
5.2 Nedkjøling	23
6 Diskusjon	24
6.1 Gjenoppvarming	24
6.2 Nedkjøling	24
6.3 Studieoppsett for Soldatundersøkelsen og vinterøvelsen	24
7 Konklusjon	27

Vedlegg	28
A REK-godkjenning	28
B Informert samtykke	32
Referanser	35

Forord

Denne rapporten presenterer resultater fra analyse av et datasett som FFI-prosjekt 1549, Menneskelig yteevne i kaldværsoperasjoner, har overtatt fra Forsvaret Sanitet (FSAN). Datasettet er innhentet som del av et samarbeidsprosjekt mellom FSAN, Forsvarets helseregister (FHR), UiT Norges arktiske universitet (UiT) og Universitetssykehuset i Nord-Norge, ledet av professor Arne Johan Norheim ved FSAN. Dette prosjektet er i rapporten referert til som «Soldatundersøkelsen».

Takk til alle involverte i «Soldatundersøkelsen», både deltakere, de som har gjennomført datainnsamlingen, og de som har klargjort datasettet. Særlig takk til professor i statistikk Tom Wilsgaard ved Institutt for samfunnsmedisin, *UiT* Norges arktiske universitet for innføring i datasettets innhold. Ved FFI har tidligere ansatt, Kristine Gulliksrud gjennomført de statiske analysene som det rapporteres fra, mens Nina Rones og Hilde K. Teien har skrevet rapporten. Professor emeritus James Mercer (UiT) har bidratt med innsamlingen av data (termografi) i Soldatundersøkelsen, samt beskrivelsen av metoden og kvalitetssikring av rapportens innhold. Professor Arne Johan Norheim var prosjektleder for Soldatundersøkelsen og bidro i alle prosesser i denne undersøkelsen. Han har videre bidratt med beskrivelse av metoden og kvalitetssikring av denne rapportens innhold.

Kjeller, 4. april 2022
Nina Rones og Hilde K. Teien

1 Innledning

I Forsvaret håndteres våpen og annet kuldeledende materiell utendørs gjennom hele året. Det foregår under trening, øvelser og operasjoner. Disse kan finne sted i nordområdene, til havs, til fjells og langs kysten, og gjennomføres uansett om det er snø, regn, kulde eller vind. Alle disse faktorene øker risikoen for utvikling av ulike kaldværsskader, og ofte er flere nedkjølede faktorer tilstede samtidig. Forsvarets virksomhet innebærer dermed en særlig risiko for utvikling av lokale kulde- og frostskafer på hender, med påfølgende reduksjon i fingerferdighet og evnen til å utføre manuelt og finmotorisk arbeid (Hassi & Rintamäki, 2002; Tipton, 2014). Dette har negative konsekvenser for den operative evnen som avhenger av at personellet kan håndtere våpen og annet materiell med god presisjon. I tillegg kan lokale kulde- og frostskafer forstyrre blodsirkulasjon, gi nerveskafer og livsvarig kuldeintoleranse med smerter, samt økt risiko for ny skade på samme sted. Videre kan det være risiko for at en ny skade på samme sted blir mer alvorlig (Jin et al., 2021). Dermed kan kulde- og frostskafer forringe individets livskvalitet og ødelegge for videre karriere i Forsvaret.

For å unngå de negative konsekvensene av kulde- og frostskafer må Forsvaret ha kunnskap om risikofaktorer og langtidsproblematikk. Det er for eksempel viktig med kunnskap om i hvilken grad ulike former for kaldværseksposering bidrar til en utvikling av kuldeintoleranse, fordi dette er noe som krever økt aktsomhet i etterkant. Andre virksomheter hvor mannskapet må kunne håndtere verktøy og materiell utendørs under alle værforhold, vil også ha behov for mer kunnskap om dette. Denne rapporten har til hensikt å bidra til dette kunnskapsfeltet.

Det er generelt lite kunnskap om hvordan kulde påvirker soldatenes helse. Det er tidligere rapportert at de aller fleste lokale frostskafer hos militært personell pådras hos ungt personell under militær vinterfeltøvelse (81,1%) (A. J. Norheim & Borud, 2018). Videre er det kjent fra litteraturen at kuldeeksponering fører til redusert blodtransport til hender og føtter (Cheung, 2015), og med det redusert temperatur. Det er imidlertid ikke kunnskap om hvorvidt blodtransport og temperaturregulering i hender hos unge soldater endres etter den type kuldeeksponering som Forsvarets grunnutdanning, med deltakelse på vinterfeltøvelser, innebærer.

Denne studien er basert på analyse av et datasett FFI har overtatt fra FSAN, og som er del av et større samarbeidsprosjekt med tittel «Soldatundersøkelsen» (se kapittel 3)¹. Datasettet består av hudtemperatur på hendene hos to soldatkohorter i førstegangstjeneste på Setermoen, hvorav den ene kohorten startet tjeneste i august og den andre i januar. Temperaturdataene var generert fra termografiske bilder (termogrammer) som FSAN hadde tatt av hendene til de to kohortene på to tidspunkt, først ved innrykk til førstegangstjeneste og deretter etter deltakelse på en vinterøvelse.

¹ «Soldatundersøkelsen» er del av et samarbeidsprosjekt mellom FSAN, FHR, UiT og Universitetssykehuset i Nord-Norge, ledet av professor Arne Johan Norheim ved FSAN, hvor forskerne har undersøkt om termografi, det vil si infrarødt varmebilde, kan brukes i diagnostikk, oppfølging og forebygging av frostskafer hos personell i Forsvaret ((Arne Johan Norheim, Borud, Wilsgaard, De Weerd, & Mercer, 2018); se kapittel 3).

Dette ble testet ved å utsette hendene deres for en standardisert kuldeprovokasjonstest i form av nedkjøling av hender i kaldt vann.

Formålet med analysen av datasettet er å undersøke hvorvidt kaldværeseksponering, i form av militær utdanning i Nord-Norge med deltakelse på vinterfeltøvelse, påvirker fysiologiske responser (nedkjølingshastighet og/eller gjenoppvarmingshastighet) i hender.

1.1 Problemstillinger

Analysene av datasettet hadde følgende problemstillinger:

- Kan det identifiseres noen endringer i nedkjølingshastighet av hender hos soldater fra innrykk førstegangstjeneste til etter deltakelse på en vinterfeltøvelse, og er det forskjell mellom de to kohortene etter øvelsen?
- Kan det identifiseres noen endringer i gjenoppvarmingshastighet av hender hos soldater fra innrykk førstegangstjeneste til etter deltakelse på en vinterfeltøvelse, og er det forskjell mellom de to kohortene etter øvelsen?

2 Kaldværsskader og blodsirkulasjon

2.1 Kaldværsskader

Kaldværsskader er et felles begrep for alle skader som oppstår i kaldt vær og rommer alt fra frostskafer, lokale kuldeskafer, generell kroppsnekdjøling (hypotermi), snøblindhet, skader pådratt ved snøskred, dehydrering, feilernæring og forgiftning med karbonmonoksid i oppvarmet bivuakk. De tre mest klassiske kaldværsskadene er (A. J. Norheim & Borud, 2018):

- Lokal frostskafe som oppstår når temperaturen i huden faller under vevets innfrysningpunkt. En slik skade forekommer kun ved frost, og aldri i kaldt vær med lufttemperatur over 0,55 °C (Freezing cold injury (FCI) på engelsk).
- Lokal kuldeskafe (nekdjøling) oppstår når fingre og føtter er utsatt for fuktighet og lave temperaturer over lang tid, men temperaturen er over vevets innfrysningpunkt. De fleste nekdjølingsskafer oppstår i temperaturer mellom 0 og 15 °C (Non freezing cold injury (NCFI) på engelsk).
- Generell nekdjøling (hypotermi) oppstår når kroppens kjernetemperatur faller under 35,0°C, og er ikke et tema i denne rapporten.

2.2 Blodsirkulasjon og temperatur i hender

Det er blodet som transporterer varmen rundt i kroppen, og tidligere studier har man sett at det er god sammenheng mellom blodsirkulasjon til hud og hudtemperatur (Høiland, de Weerd, & Mercer, 2014; Stikbakke & Mercer, 2008).

Blodsirkulasjonen til huden kontrolleres primært av bestemte signalveier i hjernen. Informasjon sendes fra sanseceller i huden og inne i kroppen (kulde- og varmreseptorer) via nervesystemet til hypothalamus, som deretter regulerer kroppstemperaturen ved å redusere eller øke blodgjennomstrømningen i muskler og hud (Kräuchi & Deboer, 2011; Morrison & Nakamura, 2011). For å kvitte seg med varme økes sirkulasjon av blod i huden ved at diameteren på blodårene utvides (vasodilatasjon). For å hindre varmetap reduseres blodsirkulasjon til huden ved at diameteren på blodårene reduseres, det vil si at de trekker sammen (vasokonstriksjon).

I varme omgivelser kan blodstrømmen til hud være så høy som 8 L/min, og stå for 60 prosent av hjertets minuttvolum. I kalde omgivelser kan blodstrømmen til huden være veldig lav, spesielt i ekstremitetene og deler av ansiktet, for eksempel nesen. Fra en tilstand med maksimum vasokonstriksjon til maksimum vasodilatasjon av blodårene i fingrene og tærne kan blodstrømmen økes med én hundregang (Giesbrecht & Wilkerson, 2006).

Det er flere sanseceller per kvadratcentimeter hud på hendene enn det er andre steder på kroppen, og kuldesensitiviteten i huden på ekstremiteter (hender og føtter) er betraktelig høyere

enn hva den er for de mer sentrale deler av kroppen (Crawshaw et al., 2012; LeBlanc & Wilber, 1975).

I tillegg til vasodilatasjon og vasokonstriksjon av blodårene reguleres blodsirkulasjon gjennom noen små blodårer, kalt arteriovenøse anastomoser (AVA-er). Sirkulasjon i fingre og tær styres i svært stor grad av funksjonen til AVA-er. AVA-er finnes i mange organer og vev i virveldyrkropper, men vanligvis i få antall. Unntakene er visse områder av huden, for eksempel i tåpissner og fingertupper og slimhinnene hos pattedyr og fugler, hvor de kan være mange (Walløe, 2016).

AVA-er kan betraktes som en slags direkte forbindelse (shunt) mellom arterier og vener, og gjør at blodet kan transporteres til huden uten å måtte gå gjennom nettverket av kapillærer hvor motstanden er høy (Walløe, 2016). Når AVA-ene er i åpen, eller vasodilert tilstand, kan de frakte et mye høyere volum av blod til huden for utveksling av varme med omgivelsen, enn det som ville ha vært mulig gjennom kapillærene. Dermed kan AVA-er indusere en stor økning i varmeutveksling mellom huden og omgivelsene når de er åpne (Romeijn et al., 2012). Det motsatte skjer i kulde. Når det er kaldt kan AVA-er stenges via kraftig vasokonstriksjon for å minimalisere varmetapet fra huden til omgivelsene.

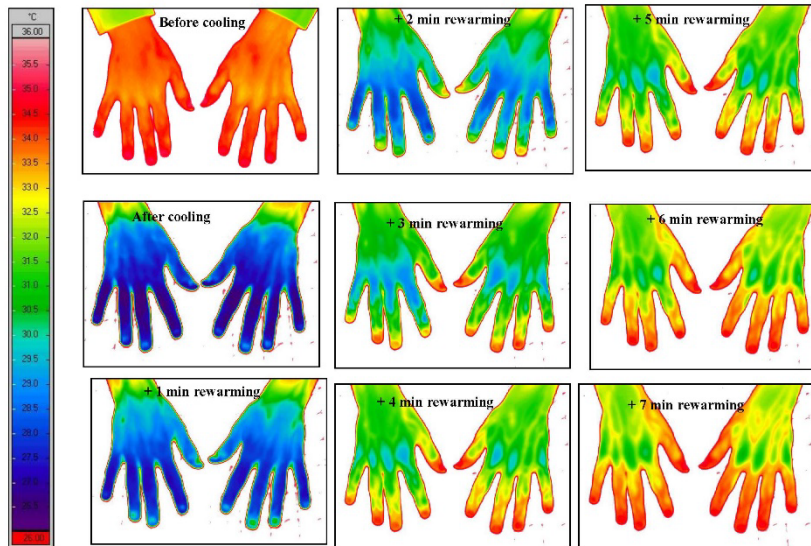
For å hindre vevsskade ved redusert blodstrøm i fingertuppene har mennesket normalt (ikke alle) en mekanisme hvor blodstrømmen til fingrene åpnes med tidsintervall på 5–10 minutter, kalt kuldeindusert vasodilatasjon (*Cold-Induced Vasodilation*, CIVD) (Daanen, 2003; Lewis, 1930), på norsk ofte omtalt som jeger-respons eller jegerrefleksen.

Den reduserte blodsirkulasjon som er påvist i hender etter lokale kulde- og frostskafer kan skyldes skade av AVA-er (Walløe, 2016). Det innebærer at selv om det er «termostaten» i hjernen som koordinerer og regulerer blodsirkulasjonen i kroppen, så kan det skje lokale endringer i blodsirkulasjonen som «termostaten» ikke rår over. Disse lokale endringene kan føre til at blodstrømmen til ekstremitetene, og særlig til fingre og tær, stenges helt av til tross for at kroppen ellers er varm, og personen ikke føler seg kald (Daanen, 2003). Fingre eller tær med avstengte blodårer/AVA-er får ikke tilførsel av varmt blod, noe som kan gjøre disse områdene særlig utsatt for en lokal kulde- og frostskafe.

Tidligere studier har videre vist hvordan oppvarmingsmønsteret i hendene (og føttene) etter nedkjøling foregår (Rasmussen & Mercer, 2004). Gjenoppvarmingen starter ytterst i fingertuppene og fortsetter i proksimal retning², og ikke omvendt slik man kanskje ville forvente (se Figur 2.1). Hos friske personer vil fingrene varmes opp symmetrisk etter dette mønsteret. Et typisk tegn på en kaldværsskafe er at dette oppvarmingsmønsteret er endret, for eksempel ved at en finger med tidligere kulde- eller frostskafe ikke varmes opp slik som de andre fingrene.

² Proksimal retning vil si inn mot kroppens sentrum (Kåss, 2020).

Cooling and rewarming of a cooled hand illustrates the activity of AVA's in the finger tips (1 min i 10°C water) - normal response



Figur 2.1 Illustrasjonen viser gjenoppvarmingen av hender etter nedkjøling, hvor rød farge er varmt og blå er kaldt (se fargeskalaen). De termografiske bildene viser tydelig at normal gjenoppvarming av hendene starter fra tuppen av fingrene. Figuren er hentet fra presentasjon holdt av professor emeritus James Mercer, UiT, på Cold Weather Operations Conference (CWOC) 2.–4. november 2021 (Mercer, 2021).

3 Soldatundersøkelsen

Soldatundersøkelsen ble ledet av professor Arne Johan Norheim, og gjennomført i et samarbeid mellom FHR, UiT Norges arktiske universitet og Universitetssykehuset i Nord-Norge. Hensikten med Soldatundersøkelsen var å undersøke om termografi, det vil si varmfotografering, kan brukes i diagnostikk, oppfølging og forebygging av frostskafer hos personell i Forsvaret (Arne Johan Norheim et al., 2018).

Bakgrunnen for Soldatundersøkelsen var det faktum at kaldværsskafer, særlig lokale frostskafer, forekommer relativt hyppig under trening og øvelse med Forsvaret. Skadene har i tillegg vist seg vanskelige både å diagnostisere og behandle. Dette gjelder både erkjente, men i særdeleshet ikke-erkjente lokale kulde- og frostskafer der pasienten ikke har åpenbare eller erkjente symptomer. Videre er det slik at både erkjente og ikke erkjente kulde- og frostskafer kan medføre senskafer i form av økt kuldesensitivitet, samt ubehag og smerter i hender og føtter, som er til hinder for arbeidsevne, og gir svekket livskvalitet (Jin et al., 2021). For å forhindre slike senskafer er det viktig å kunne diagnostisere og kartlegge forekomsten av kaldtværsskafer på best mulig måte (Arne Johan Norheim et al., 2018). Et av målene med bedre diagnostikk var å gi soldater med ikke-erkjente primære lokale kulde- og frostskafer nyttig kunnskap, som kan bidra til at de unngår nye og kanskje mer alvorlige sekundære kulde- og frostskafer (Arne Johan Norheim et al., 2018).

Mot denne bakgrunn var målet med Soldatundersøkelsen å undersøke variasjonen i evnen til gjenoppvarming av hud på hender ved hjelp av dynamisk infrarød termografi (*Dynamic Infrared Thermography*, DIRT) (Pors-Nielsen & Mercer, 2010) i en kohort av unge friske vernepliktige soldater Arne Johan Norheim et al. (2018). Kort sagt er DIRT en prosess hvor termografiske bilder tas under oppvarming etter standardisert nedkjøling for å vise endringer i hudtemperatur (blodsirkulasjon). Hensikten med studien var blant annet å undersøke hvorvidt DIRT kunne brukes i diagnostikk, oppfølging og forebygging av kulde- og frostskafer hos personell i Forsvaret.

3.1.1 Termografi (DIRT) til diagnostisering av kaldværsskafer

Alle objekter som er varmere enn det absolutte nullpunkt (-273 °C) vil avgi infrarød (IR) stråling. Jo varmere objektet er, desto større er den infrarøde strålingen³. Den infrarøde varmestrålingen kan fanges opp av kameraer som er laget for å detektere IR-stråling, slik at man kan få ut termografiske bilder. Et termografisk bilde består av farger hvor hver farge representerer de ulike temperaturene på objektet⁴. Brukt på mennesker vil et slikt kamera gi et bilde av hudens overflatetemperatur⁵.

³ Mer eksakt er den infrarøde stråling proporsjonal med fjerde potens av den absolutte temperatur.

⁴ Et moderne infrarødt kamera kan i prinsippet registrere temperaturer til en nøyaktighet av $0,05\text{ °C}$ (Ammer & Ring, 2019), men i praksis er nøyaktigheten nærmere $0,1\text{ °C}$.

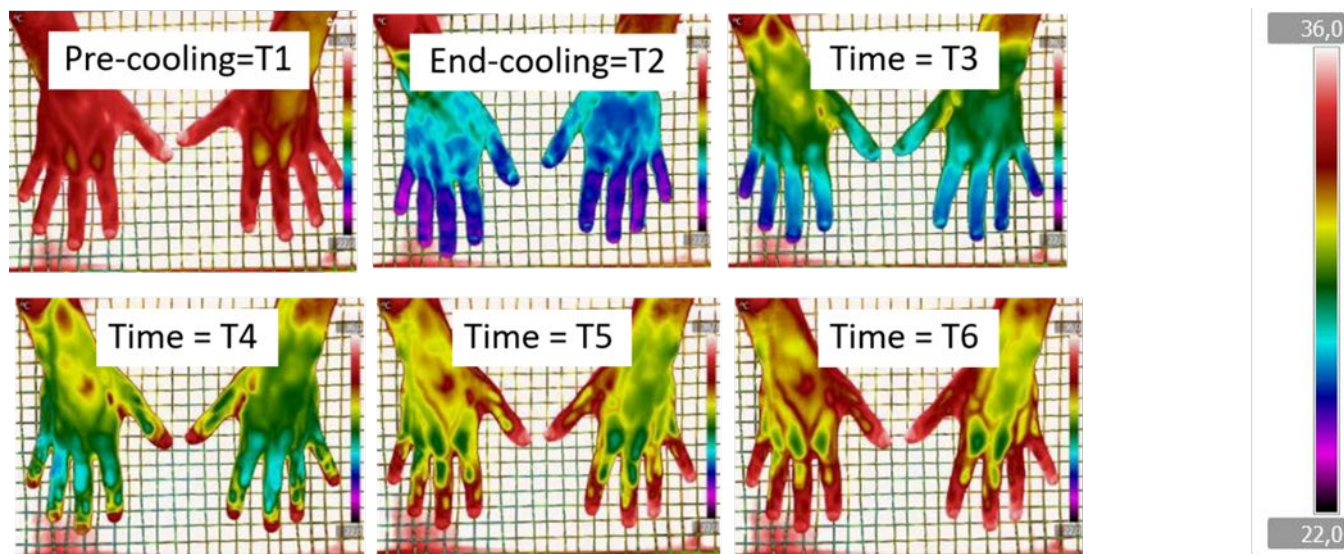
⁵ Hudens overflatetemperatur er avhengig av blodsirkulasjonen i de ytterste millimeterne av huden, og reguleres av kompliserte faktorer i nervesystemet og hjernen.

DIRT er en indirekte metode for å måle blodsirkulasjon i huden. Målinger utført med mer direkte metoder har imidlertid vist at blodsirkulasjon i huden, spesielt i ekstremitetene har en veldig tett positiv korrelasjon med hudtemperatur (Stikbakke & Mercer, 2008).

Fra bilder som er tatt med et moderne varmekamera, også kalt radiometriske bilder, vil hver farge på det termografiske bildet representere forskjellige temperatur (Ammer & Ring, 2019). Fra disse bildene er det mulig å hente ut nøyaktig temperaturdata, helt ned til en enkelt piksel, ved hjelp av spesielle dataprogrammer. Dette gjør det mulig å sammenligne gjennomsnittlig temperatur i et bestemt hudområde (område av interesse, eller *region of interest* (ROI)) ved forskjellige tidspunkter. Dette kan både gjøres i nåtid, eller etterpå ved hjelp av de termografiske bildene som er lagret på en PC.

Forskning og klinisk bruk har vært lovende og taler for at termografi kan være et nyttig supplement til klinisk diagnostikk. Både for å avdekke kulde- og frostskafer uten symptomer, men også for å kartlegge omfanget av erkjente og ikke-erkjente kulde- og frostskafer (Imray, Grieve, & Dhillon, 2009).

Eksempel på termografiske bilder (termogrammer) av hender før og ved forskjellige tidspunkter etter en standardisert kuldeprovokasjonstester vist i Figur 3.1.



Figur 3.1 *Dynamic Infrared Thermography (DIRT) av utsiden av hender som viser hvordan hudtemperatur endrer seg før, direkte etter og videre på fire forskjellige tidspunkter under oppvarming etter en standardisert kuldeprovokasjonstest. Første bilde ble tatt etter akklimatiseringen og rett før nedkjølingsfasen («Pre-cooling»). Dette bildet gir en startmåling for oppstart med DIRT. Det andre bildet ble tatt umiddelbart etter nedkjølingsfasen («End-cooling»), og deretter hvert minutt i restitusjonsfasen. Figuren er hentet fra presentasjon holdt av Norheim på NATO HFM RTG-310 møte i Paris, 27. september 2019 (A. J. Norheim, 2019).*

3.2 Soldatundersøkelsens deltakere og datainnsamling

Etikk:

Soldatundersøkelsen ble søkt og godkjent av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, Sør-Øst-Norge (REK sør-øst) i 2014 (Vedlegg A). Deltakelse i studien var frivillig, og informert samtykke ble innhentet fra alle deltakerne i studien (Vedlegg B). Forsvarets helseregister (helsedata.no) var ansvarlig for datahåndtering, og kun anonymiserte datasett ble etter søknad, levert ut for analyse.

Deltakere:

Soldatundersøkelsen rekrutterte 260 frivillige vernepliktige soldater fra to innrykk til førstegangstjeneste i Nord-Norge. 122 av soldatene hadde innrykk til førstegangstjeneste i panserbataljonen i august 2014. 138 hadde innrykk til førstegangstjeneste i Artilleribataljonen i januar 2015. Begge bataljonene holder til i Setermoen militærleir i Troms (68,9°N, 18,3°E). Dette er en av militærleirene med det kaldeste klima i landet, og soldatenes grunnutdanning ble gjennomført der. Soldatene sa seg villige til å delta i studien i løpet av den første uken i tjeneste, og dette gjaldt for både august- og januarkohorten.

3.3 Termografiske målinger

3.3.1 Ved innrykk til førstegangstjeneste

I løpet av den første uken i tjeneste ble blodsirkulasjon i begge hendene undersøkt ved hjelp av DIRT. Målingene ble gjennomført på tre teststasjoner med tre forskjellige typer IR-kamera⁶.

Under avbildningen «hvilde» soldatenes hender på et nylongitter. En varmekilde på 40 °C (± 2 °C) var plassert 7 cm ($\pm 0,5$ cm) under nylongitteret for å gi tilstrekkelig termisk kontrast i bildebehandlingen. Se Figur 3.2, samt Norheim med kollegaer (2018) for detaljerte beskrivelser av prosedyre og utstyret som ble benyttet. Kameraet, som pekte nedover mot hendene, var montert på et stativ (se Figur 3.2) og tok termografiske bilder (målinger) av dorsal side (utsiden/baksiden) av soldatenes fingre på seks tidspunkt etter en 30 minutters standardisert akklimatisering til innendørs romtemperatur på 23 °C (± 1 °C). Første bilde ble tatt rett etter akklimatiseringen, og rett før nedkjøling («pre-cooling»). Dette bildet gir en startmåling («baseline») før oppstart med DIRT. I nedkjølingsfasen ble hendene plassert i en plastpose som strakte seg til albue for å unngå fuktighet på huden i vannbadet. Hendene ble deretter senket ned i vann med en temperatur på 20°C (± 1 °C) i ett minutt, der vannet strakk seg opp til handleddene. Rett etter den standardiserte kuldeprovokasjonstesten ble hendene tatt ut av vannbadet, plastposene fjernet, og hendene umiddelbart plassert på nylongitteret hvor termiske bilder ble tatt kontinuerlig gjennom hele oppvarmingsfasen.

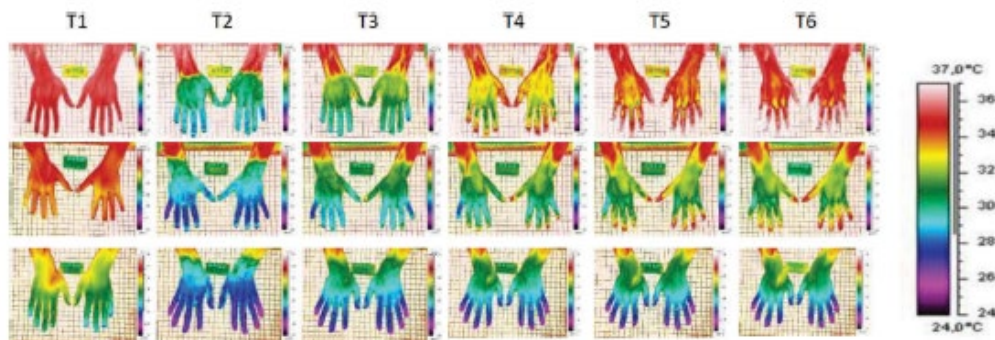
⁶ De tre IR-kameraene ble kalibrert mot en standard black-body kilde og variansen mellom dem ble ansett som veldig liten.



Figur 3.2 Bildene viser den termografiske undersøkelsen med bruk av Dynamic Infrared Thermography (DIRT) som ble utført under Soldatundersøkelsen i august 2014 og januar 2015: A) rett før nedkjøling («Pre-cooling»), B) under den standardiserte kuldeprovokasjonstesten med hendene plassert i en plastpose som strekker seg til albue og senket ned i vann opp til håndleddene i ett minutt med en temperatur på 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) og C) måling hvert minutt under restitusjonsfasen (gjenoppvarmingsfasen) på totalt fire minutter med hendene hvilende på et nylongitter. En varmekilde på 40 °C var plassert 7 cm under nylon nettingen. Foto: Arne Johan Norheim 2014/2015.

For å muliggjøre analyse av data fra undersøkelsen ble bilder rett før («pre-cooling») og umiddelbart etter kuldeprovokasjonstesten («end-cooling»), og deretter hvert minutt i en restitusjonsfase (gjenoppvarmingsfase) lagt til grunn. For hvert av disse termografiske bildene ble gjennomsnittstemperaturen på det forhåndsdefinerte hudområdet på hendene hentet ut ved hjelp av dataprogrammet (se også avsnitt side 13 for generell beskrivelse). I dette tilfellet var det aktuelle hudområdet (region of interest (ROI)) definert til å være en gjennomsnittslinje over hudområdet på dorsalsiden av alle fingrene som strakk seg fra finger-/neglespissen til basis av hver finger (se Norheim med kollegaer (2018) for detaljer).

For å bli inkludert i studiens analyse og videre forløp måtte soldatene ha normale funn på den medisinske screeningen som gjennomføres ved innrykk. Ingen ble ekskludert på grunn av funn på helseundersøkelsen, men to soldater i august og tre soldater i januar ble ekskludert på grunn av manglende oppfølgingsdata. Datasettet som ble benyttet av Norheim og kollegaer var dermed basert på termografiske bilder fra 255 førstegangstjenestegjørende, hvorav 120 fra august-inntaket i panserbataljonen og 135 fra januar-inntaket i artilleribataljonen. 12 prosent av deltakerne var kvinner. Gjennomsnittsalder på deltagerne var 22,5 år og de hadde en gjennomsnittlig kroppsmasse indeks (BMI) på 23,79 kg/m².



Figur 3.3 Figuren viser et eksempel på ulike oppvarmingsmønstre funnet fra DIRT-undersøkelsene av hender til tre individuelle rekrutter fra augustkohorten. Øverste rad viser et raskt oppvarmingsmønster, midterste rad viser et middels oppvarmingsmønster, og nederste rad et sakte oppvarmingsmønster av hender. Kolonnen til høyre vises prosentandelen rekrutter med det aktuelle oppvarmingsmønsteret i augustkohorten ($n = 120$). De termografiske bildene ble hentet fra seks forskjellige tidspunkt: ett før og ett umiddelbart etter den milde kuldeprovokasjonstesten, og deretter med 1-minutters intervaller i løpet av den 4-minutter lange gjenoppvarmingen. Figuren er hentet fra Norheim med kollegaer (2018), s. 5.

Ifølge Norheim med kollegaer (2018) viste serien med termografiske bilder fra innrykk at det var stor individuell variasjon i gjenoppvarmingshastighet av hendene. Videre fant de at deltakerne kunne grupperes i å ha enten sakte, middels eller raskt oppvarmingsmønster. Se Figur 3.3 for eksempel fra augustkohorten, der funnet var at 72 prosent av 120 deltakere var fullstendig gjenoppvarmet etter fire minutter, 18 prosent var delvis oppvarmet etter fire minutter, mens 10 prosent hadde en forsinket oppvarming. Disse funnene var korrelert med en lav gjennomsnittstemperatur på hendene før kuldeprovokasjonstesten.

Resultatene fra Soldatundersøkelsen var i utgangspunktet planlagt å skulle utgjøre et datagrunnlag for utvikling av en «Risk assessment scale», som kan brukes for å vurdere hvem som er mest usatt for å pådra seg en lokal frostskaade. Risikoen for å pådra seg en frostskaade ble definert til fire risikonivåer (*Risk 0, 1, 2 og 3*), som vist i Figur 3.4 (A. J. Norheim, 2016). Imidlertid, er det ingen andre forskere som har gjennomført tilsvarende studier på store grupper av friske unge mennesker. Dermed er det foreløpig et begrenset datagrunnlag for å kunne introdusere en slik skala til bruk for eksempel i seleksjon (A. J. Norheim, 2016) som vist i Figur 3.4.

Risk Assessment Scale

The following is an attempt to create guidelines for our study, trying to evaluate whether thermal images can be used for assessing the risk of frostbites among Norwegian conscripts undergoing winter military training. The displayed thermographic images are from all 7 time-points in the thermography (DIRT); pre-cooling, T0=end-cooling, and thereafter each minute (1,2,3,4 and 5 minutes) after the cold challenge (T1-T5).

Risk 0; Thermal images interpreted as normal at all time-points of evaluation

Risk 1; Minor changes seen in pre-cooling pictures and/or the reheating pattern of unknown importance

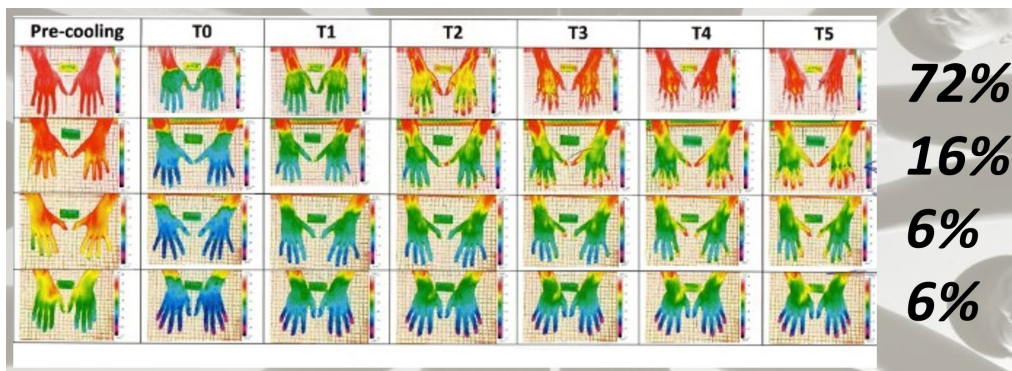
Risk 2; Small changes that possibly could indicate a risk of frostbites during the conscripts winter training

Risk 3; Major changes identified at the thermal images that might indicate a high risk of frostbites during winter training

Pre-cooling	T0	T1	T2	T3	T4	T5	Risk
							0
							1
							2
							3

Figur 3.4 Risk Assessment Scale. Figuren er hentet fra presentasjon holdt av Norheim på European Congress of Aerospace Medicine – 2016 (A. J. Norheim, 2016).

Figur 3.5 viser oppvarmingsmønsteret og risiko for å pådra seg en frostskaade for alle 255 deltakerne ifra Soldatundersøkelsen vurdert etter de fire nivåene i Risk assesment scale (A. J. Norheim, 2022).



Figur 3.5 Figuren viser et eksempel på ulike oppvarmingsmønstre funnet fra DIRT-undersøkelsene av hender til alle deltakerne i soldatundersøkelsen. Tall til høyre i figuren viser andel soldater (n = 255) med ulikt oppvarmingsmønster evaluert etter Risk Assesment Scale med fire nivå. Figuren er hentet fra presentasjon holdt av Norheim på European Congress of Aerospace Medicine – 2022 (A. J. Norheim, 2022).

3.3.2 Etter vinterøvelse

I tillegg til de termografiske målingene som ble utført ved innrykk, gjennomførte Norheim og kollegaer termografiske målinger direkte etter en vinterøvelse, samtlige målinger ble gjennomført i Setermoen militærleir. Både august- og januarkohorten deltok på vinterøvelsen samtidig. Dermed ville undersøkelsen omfatte to kohorter med ulik tid fra innrykk til øvelse, som innebærer ulik adaptasjon og militær erfaring/-opplæring overfor kaldt vær forut for gjennomføring av vinterøvelsen.

De termografiske bildene som ble samlet inn etter vinterøvelsen ble tatt etter samme prosedyre som ved innrykk (se kapittel 3.3). Termografien ble gjennomført i samme rom, og med de samme undersøkelsesbetingelser som ved innrykk.

Datasettene fra Soldatundersøkelsen gjør det mulig å undersøke om det er forskjeller i nedkjølings- og gjenoppvarmingshastigheten fra første måletidspunkt (ved innrykk) til andre måletidspunkt (etter vinterøvelsen). Denne analysen er ikke utført tidligere, og FFI overtok datasettene for å undersøke dette.

4 FFIs bearbeiding og analyse av datasettet fra Soldatundersøkelsen

Datasettet FFI har analysert i denne studien består av hudtemperatur generert fra termogrammene som Norheim med kollegaer (2018) hentet inn fra de 255 soldatene som deltok i Soldatundersøkelsen (se kapittel 3). Målet med analysene av datasettet har vært å undersøke om det kan identifiseres noen endringer i nedkjølingshastighet og/eller gjenoppvarmingshastighet av hender fra første måletidspunkt til andre måletidspunkt.

For noen av de frivillige soldatene var det ikke gjennomgående målinger fra innrykk, og til etter vinterøvelsen. Det skyldes manglende oppmøte til en eller flere undersøkelser, dimisjon fra tjeneste eller overføring til annen avdeling. 67 soldater som ikke hadde termogram fra alle måletidspunkt ble ekskludert fra videre analyse.

Totalt 188 frivillige soldater ble tatt med i FFIs analyse. I augustkohorten var det 95 personer, mens det i januarkohorten var 93 personer.

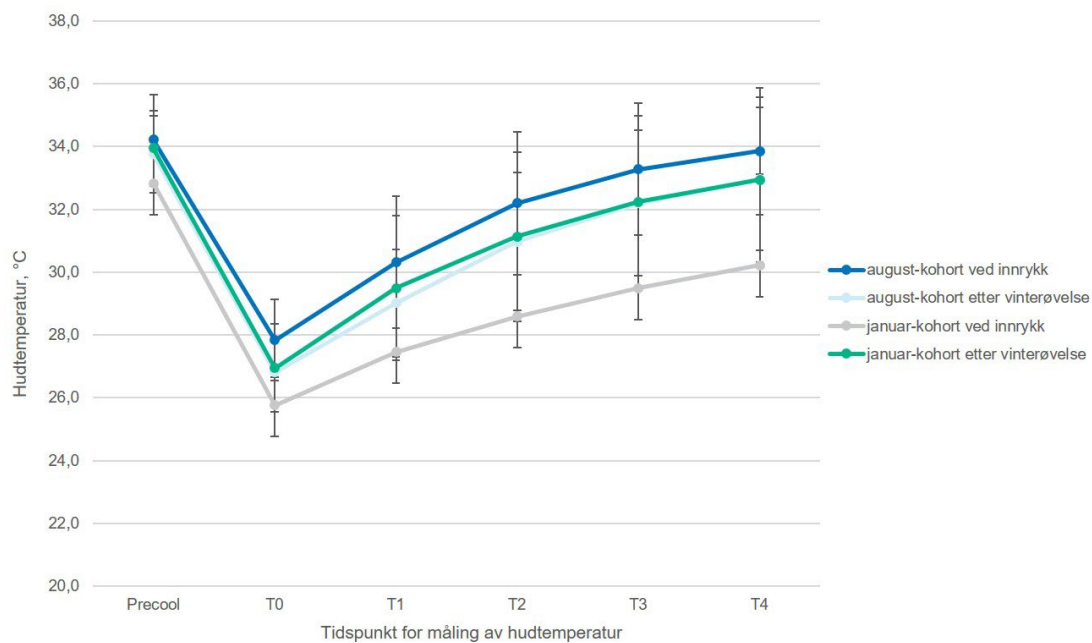
Statistiske analyser ble foretatt i Microsoft Excel (Redmon, USA) og IBM SPSS (IBM SPSS Statistics, version 26, IBM Corp., Armonk, NY, USA) (n = 188). Følgende analyser ble gjennomført:

- Stigningstallet for hver enkelt deltaker
- Paret t-test
 - Test av forskjell mellom januar- og augustkohorten i gjenoppvarmingshastighet etter øvelsen
 - Test av forskjell i nedkjølingshastighet før og etter øvelsen separat for både januar- og augustkohorten
- Uavhengig T-test for forskjeller mellom kohortene etter vinterøvelsen

For å undersøke gjenoppvarmingshastigheten i hendene ble det funnet stigningstall for temperaturkurven fra tidspunkt «end-cooling», her angitt som T0⁷, til fullført gjenoppvarmingsfase, her angitt som T4, se Figur 4.1. Dette ble gjort for hvert enkelt individ med Excel-funksjonen *Rettilinje*. (Stigningstallet vil her si helningen for den stigende hudtemperaturkurven). Det gir to kolonner med stigningstall, én før og én etter vinterøvelse. På disse dataene ble det kjørt paret t-test i SPSS. Analysene for januar- og augustkohorten ble utført separat, da det var forskjeller mellom kohortene, henholdsvis $32,8 \pm 1,4$ °C og $34,2 \pm 1,4$ °C. Sammenligning mellom de to kohortene ble derfor ikke utført for baselinemålingene.

⁷ Det er benyttet ulike tidsangivelser for de ulike tidspunktene for termografi i de figurene som vi har hatt tilgjengelig for presentasjon i kapittel 3 (Figur 3.1. og Figur 3.3 versus Figur 3.4. og Figur 3.5). I FFIs datasett og analyse ble det benyttet følgende tidsangivelser: Precool, T0 = like etter nedkjøling/«end-cool»), deretter T1 for ett minutt etter nedkjøling, T2 for to minutter, T3 for tre minutter, og T4 for etter fire minutter etter nedkjøling. Dette er samme tidsangivelser som er benyttet i overtatt datasettet, samt Figur 3.4 og Figur 3.5 bortsett fra at vi her ikke hadde resultater fra måling etter 5 minutter (T5 i de to figurene).

For å se på nedkjølingshastigheten ble det gjort samme analyse som for oppvarmingshastigheten, men da for kurven fra *precool* til tidspunkt T0, se Figur 4.1 .



Figur 4.1 Grafene i diagrammet illustrerer endring i hudtemperatur på hender målt med bruk av varmekamera for august- og januar-kohorten ved innrykk og etter vinterøvelsen. Både ved innrykk og etter vinterøvelsen ble det gjort målinger av hendene i en serie på seks tidspunkt: dvs. før nedkjøling av hendene i vannbadet (Precool), like etter nedkjøling (T0), etter ett minutt (T1), etter to minutter (T2), etter tre minutter (T3) og etter fire minutter (T4).

5 Resultater

5.1 Gjenoppvarming

Stigningstallet er økt for både august- og januarkohorten, og paret t-test av stigningstallet for gjenoppvarmingshastigheten ved innrykk og etter vinterøvelsen er signifikant forskjellig for både august- og januarkohorten, henholdsvis $p = 0,002$ og $p = 0,018$ (Tabell 5.1).

Paret t-test av stigningstallet for august- og januarkohorten i gjenoppvarmingshastigheten etter øvelsen gir ingen forskjell mellom kohortene, $p = 0,3$ (Tabell 5.2).

Med andre ord er det en tendens til økt gjenoppvarmingshastighet i hendene etter kuldeprovokasjonstesten som ble utført rett etter vinterøvelsen, sammenlignet med testen som ble utført ved innrykk (Tabell 5.1). Dette gjaldt for både august- og januarkohorten. Vi fant for øvrig ingen forskjell i gjenoppvarmingshastighet mellom de to kohortene (Tabell 5.2).

Tabell 5.1 *Gjenoppvarmingshastighet hos august- og januarkohorten ved innrykk og etter vinterøvelsen.*

Kohort	Stigningstall ved innrykk (\bar{X})	Stigningstall etter vinterøvelse (\bar{X})	P-verdi
August	1,49	1,54	0,002*
Januar	1,09	1,47	0,018*

Merknader: Januarkohorten 2015: $n = 93$. Augustkohorten 2014: $n = 95$

* = signifikant forskjell mellom måling ved innrykk og etter vinterøvelse, $p < 0,05$.

Tabell 5.2 *Forskjell mellom august- og januarkohorten i gjenoppvarmingshastighet etter vinterøvelsen.*

Kohort	Stigningstall etter vinterøvelse (\bar{X})	P-verdi
August	1,54	0,3
Januar	1,47	

Merknader: Januarkohorten 2015: $n = 93$. Augustkohorten 2014: $n = 95$

5.2 Nedkjøling

Paret t-test av stigningstall for nedkjøling av hender ved innrykk og etter vinterøvelsen gir signifikant forskjell for augustkohorten ($p = 0,036$), men ingen signifikant forskjell for januarkohorten ($p = 0,67$) (Tabell 5.3).

Det kan med andre ord se ut til at hendene til augustkohorten ble raskere nedkjølt ved test utført etter vinterøvelsen, enn hva de ble ved innrykk. Vi fant ikke en slik endring i nedkjølingshastighet fra første til andre måletidspunkt for januarkohorten (Tabell 5.3).

Tabell 5.3 Nedkjøling av hender ved innrykk og etter vinterøvelsen for både august- og januarkohorten.

Kohort	Stigningstall ved innrykk (\bar{X})	Stigningstall etter vinterøvelse (\bar{X})	P-verdi
August	-6,38	-6,95	0,036*
Januar	-7,08	-7,00	0,67

Merknader: Januarkohorten 2015: $n = 93$. Augustkohorten 2014: $n = 95$

* = signifikant forskjell mellom måling ved innrykk og etter vinterøvelse, $p < 0,05$.

6 Diskusjon

6.1 Gjenoppvarming

Funnene med en tendens til at hendene hos soldatene varmes opp litt raskere rett etter vinterøvelsen enn ved innrykk for begge soldatkohortene kan bety at deltagelse på vinterøvelsen har ført til en raskere utvidelse av blodårene i hendene hos soldatene, og dermed en økt beskyttelse mot lokale kulde- og frostskafer. Det er som tidligere beskrevet i kapittel 2.2, s. 10 blodet som transporterer varmen rundt i kroppen til hender, og økt blodtransport gir økt varmetransport. Imidlertid er det små forskjeller, og Norheim med kollegaer (Arne Johan Norheim et al., 2018) fant i serien med termografiske bilder fra innrykk at det var stor individuell variasjon i gjenoppvarmingshastighet av hendene. Det kan derfor ikke trekkes noen endelig konklusjon, og det er behov for flere målinger. Det kan blant annet være nyttig å utføre kontinuerlige termiske målinger under en vinterøvelse for å bekrefte eller avkrefte en slik hypotese. Ifølge Norheim med kollegaer (A. J. Norheim, 2016) var det i utgangspunktet planlagt at resultatene fra Soldatundersøkelsen skulle utgjøre et datagrunnlag for utvikling av en «*Risk assessment scale*», som kunne brukes for å vurdere hvem som er mest usatt for å pådra seg en lokal frostskafe. Datagrunnlaget er imidlertid for begrenset til å kunne gjøre dette (A. J. Norheim, 2016).

Vi fant ingen forskjell mellom kohortene i gjenoppvarmingshastigheten (Tabell 5.2), slik at det er lite sannsynlig at endringen i gjenoppvarmingshastighet i hendene ved innrykk og etter vinterøvelsen kan skyldes sesongvariasjon.

6.2 Nedkjøling

Soldatenes grunnutdanning ble som tidligere beskrevet i kapittel 3 gjennomført i Setermoen militærleir i Troms, som er en av militærleirene med det kaldeste klima i landet. Det kan derfor ikke utelukkes at et halvt år lengre militærtjeneste eller andre forskjeller i den militære grunnutdanningen kan forklare funnet med at det kun var hendene til augustkohorten som ble raskere nedkjølt ved kuldeprovokasjonstest fra første til andre måletidspunkt (Tabell 5.3). Imidlertid var ikke målingene i forbindelse med vinterøvelsen planlagt eller designet for å forklare årsaken(e) til resultatene vi har beskrevet ovenfor. Derfor blir det vanskelig å forklare hva som er årsakene til disse påviste endringene i fysiologiske responsene.

6.3 Studieoppsett for Soldatundersøkelsen og vinterøvelsen

Hovedmålet med Soldatundersøkelsen gjennomført av FSAN var som tidligere beskrevet å undersøke variasjonen i evne til gjenoppvarming av hud på hender ved hjelp av dynamisk infrarød termografi. Formålet med analysene av datasettet FFI overtok var å undersøke om det kan identifiseres noen endringer i nedkjølingshastighet og/eller gjenoppvarmingshastighet av hendene til de to soldatkohortene etter deltakelse på en vinterøvelse.

Som tidligere beskrevet i kapittel 3 er det for eksempel kjent at perifer blodsirkulasjon, og følgelig temperaturene i hendene, påvirkes av en rekke faktorer, både internt i kroppen (som for eksempel stress og søvnmangel), og eksternt fra omgivelsene (Fernández-Cuevas et al., 2015).

Siden det ikke foreligger detaljert informasjon om vinterøvelsen, og ulike forhold under denne; herunder varighet, vær og omgivelsestemperatur, soldatenes matinntak, øvelsens intensitet, søvn, grad av utmattelse, stressnivå og hvor mye hendene/fingre ble eksponert for vær, vind og fuktighet under øvelsen. Vi vet heller ikke om de to kohortene hadde samme program gjennom hele øvelsen, eller var utsatt for akkurat de samme stressfaktorene, selv om begge kohortene var en del av den samme vinterøvelsen. Følgelig kan vi ikke vurdere hvorvidt slike forhold har påvirket resultatene.

Vi har imidlertid identifisert flere forhold som kan ha hatt en større eller mindre påvirkning på målingene/datagrunnlaget, og følgelig resultatet. Dette kan være:

- ulik stressbelastning under vinterøvelsen
- sesongvariasjonen og ulik akklimatisering til årstid ved første måling
- forskjeller i den militære grunnutdanningen og varigheten på denne, relatert til ulik kaldværstrening og eksponering for andre nedkjølingsepisoder
- avvik fra testprotokollen ved de ulike måletidspunktene.

Videre var studien designet med to kohorter med innrykk, og følgelig startmåling gjennomført på ulike tidspunkter, og i ulik årstid.

Augustkohorten ble målt første gang én uke etter innrykket i august, mens januarkohorten ble målt første gang én uke etter innrykket i januar. De to kohortene kan dermed ha hatt ulik årstidsakklimatisering ved første måletidspunkt, hvor augustkohorten ble målt med en akklimatisering til sommerhalvåret, og januarkohorten med en akklimatisering til vinterhalvåret. Det kan være en forklaring på at temperaturen falt raskere i hendene til augustkohorten på målingen etter vinterøvelsen, enn hva den gjorde i hendene til januarkohorten. Hvorvidt nedkjølingshastighet og eventuelt gjenoppvarmingsevne varierer med akklimatisering til ulike årstider er et spørsmål som kan være interessant å forfølge i nye studier.

I tillegg var det som beskrevet over en forskjell i varigheten på militær kaldværstrening mellom august- og januarkohorten før re-testen etter vinterøvelsen. De to kohortene hadde lagt bak seg henholdsvis et halvt år og åtte uker med militær utdanning og andre øvelser. Det betyr at augustkohorten kan ha blitt utsatt for flere nedkjølingsepisoder mellom første og andre måling, enn januarkohorten. Dette kan ha forårsaket det raskere temperaturfallet som vi observerte i hendene deres.

Både årstidsvariasjonen og tidsdifferanse mellom første og andre måling kan ha påvirket resultat vi ser i denne studien mer enn selve vinterøvelsen (kaldværseksponeringen).

Eventuelle avvik fra testprotokollen kan også ha forekommet. Det ble imidlertid gjort en omfattende innsats for å sikre intern validitet i data; herunder standardisering av prosedyre og

forhold ved målingene. Se Norheim med kollegaer (2018) for detaljer, samt instruks om standardiserte forberedelser til deltakende soldater. Deltakerne fikk blant annet instruks om hvordan matinntaket skulle være, og beskjed om å unngå unødvendig kuldeeksponering og fysisk aktivitet. Hvorvidt denne informasjon ble etterfulgt har vi ikke kunnskap om.

Det kan heller ikke utelukkes at tidspunktet på dagen for gjennomføring av før- og etter målingene til det forliggende datasettet kan ha påvirket dataene. Målingene ved innrykk ble utført over en periode på flere dager i tidsrommet kl. 08–20. Dette kan ha påvirket målingene siden det er kjent at blodsirkulasjonen kan variere i løpet av dagen. Endring i blodsirkulasjon til hud følger døgnrytmen, med generelt økt vasodilatasjon på kvelden, og økt vasokonstriksjon på morgenen. Denne økningen i vasodilatasjon kan mest sannsynlig forklares med en økning i søvnhormonet melatonin (Kräuchi, 2007). Endring av døgnrytme i forbindelse med øvelsen ble ikke undersøkt i denne studien.

Bruk av tre forskjellige typer IR-kamera under målingene kan også ha påvirket dataene. Den tekniske siden ble imidlertid kvalitetssikret gjennom at de tre IR-kameraene daglig ble kalibrert mot en standard black-body kilde og variansen mellom dem ble ansett som veldig liten. (Se Norheim med kollegaer (2018) for detaljer).

7 Konklusjon

Fra analyse av det foreliggende datasettet kan det se ut til at hendene til soldatene varmes opp litt raskere etter kuldeprovokasjonstesten som ble utført rett etter vinterøvelsen, sammenlignet med testen som ble utført ved innrykk. Dette gjaldt for begge kohortene. Vi fant ingen forskjell i gjenoppvarmingshastighet mellom de to kohortene. Det kan imidlertid se ut til at augustkohorten hadde en raskere nedkjøling på testen som ble utført etter vinterøvelsen sammenlignet med hva de hadde på testen som ble utført ved innrykk i august. Vi fant ikke en slik endring i nedkjølingshastighet fra første til andre måletidspunkt for januarkohorten.

Denne studien hadde til hensikt å beskrive forskjeller, og var ikke designet for å forklare hva som er årsaken(e) til disse funnene. For å kunne forstå bedre hvorvidt kaldværseksponering, og eventuelt årstidsakklimatisering påvirker gjenoppvarmingsevne og nedkjøling i ekstremiteter er det behov for flere standardiserte studier som registrerer og kontrollerer for ulike faktorer som kan påvirke resultatet. Det kan videre være nyttig å utføre kontinuerlige termiske målinger for å undersøke nedkjøling av hender under for eksempel militære vinterøvelser.

Viktigheten for Forsvaret er å undersøke hvorvidt følgende responser til en standardisert kuldeprovokasjonstest av hender kan skille soldater som har en svekket eller styrket operativ evne:

- *raskere nedkjøling av hender* med sakte oppvarming, indikerer økt risiko for en lokal kaldværsskade som dermed kan svekke operativ evne
- sakte nedkjøling med *raskere oppvarming av hender*, indikerer en mindre sjanse for kaldværsskade og styrket operativ evne.

Vedlegg

A REK-godkjenning

Kopi av svarbrevet fra REK sør-øst ref.: 2313/2301.

Region: REK sør-øst	Saksbehandler: Claus Henning Thorsen	Telefon: 22845515	Vår dato: 20.03.2014	Vår referanse: 2013/2301/REK sør-øst C
			Deres dato: 18.02.2014	Deres referanse:

Vår referanse må oppgis ved alle henvendelser

Arne Johan Norheim
Forskningsparken, Universitetet i Tromsø
9037 Tromsø

2013/2301 Termografi i diagnostisering av kulde-/frostskafer i forsvaret

Forskningsansvarlig: Kontor for Militær Epidemiologi
Prosjektleder: Arne Johan Norheim

Prosjektomtale

Dette pilotprosjektets hovedmål er å undersøke hvorvidt standardisert termografi kan brukes i diagnostikk, oppfølging og forebygging av kulde/frostskafer hos personell i forsvaret. 25-30 soldater som er særlig eksponert for kulde skal delta i den samtykkebaserte studien, som omfatter observasjon av en hel avdeling. En senere studie planlegges gjennomført for en større avdeling på 3-400 soldater.

Saksgang

Komiteen behandlet prosjektet første gang i møtet 14.01.2014, og utsatte den gang å fatte vedtak.

Ut fra søknad og oppgitte referanser fant komiteen det tvilsomt om det er belegg for å hevde at termografi er en lovende metode til å diagnostisere subkliniske frostskafer. Komiteen ba prosjektleder redegjøre nærmere for dette.

Komiteen oppfatter diagnostisering av frostskafer med termografi som et mulig forskningsspørsmål, men kan vanskelig se hvordan forsøksdesignet skal kunne besvare dette spørsmålet. Komiteen ba derfor om en presis angivelse av forskningsspørsmålet og hvordan man skal få svar på dette, eventuelt med angivelse av gullstandard.

Komiteen bemerket for øvrig at det ikke redegjort for normale intraindividuelle variasjoner ved gjentatt termografi.

Ettersom informasjonsskrivet var noe mangelfullt, ba komiteen om at revidert informasjonsskriv ble sendt inn sammen med tilbakemeldingen på komiteens merknader.

Prosjektleders tilbakemelding ble mottatt 25.02.2014.

Prosjektet er vurdert av leder for REK sør-øst C på delegert fullmakt. Vurderingen er gjort med hjemmel i helseforskningsloven § 10, jf. Forskningsetikkloven § 4.

Prosjektleders tilbakemelding

Prosjektleder viser innledningsvis til at bakgrunnen for studien er at man ikke har noen veletablert metodikk for diagnostisering av milde/subkliniske frostskafer. Således er termografi (varmefotografering) heller ikke

etablert som diagnostisk metode ved milde/subkliniske kulde-/frostskaeder. Termografi er derimot godt etablert innen norsk forskning og klinisk praksis ved Universitetet i Tromsø (UiT) og Universitetssykehuset Nord Norge (UNN).

Som begrunnelse for hvorfor termografi kan anses som en lovende metode til å diagnostisere subkliniske frostskaeder, særlig i forhold til militær aktivitet og trening, viser prosjektleder innledningsvis til at det for de mest alvorlige frostskaeder (grad 2-4) er gitt klare kliniske kriterier for avgrensede nivådiagnostikk. For frostskaeder grad 1 er derimot symptomene milde og fluktuerende, og dermed vanskeligere tilgjengelig for eksakt medisinsk diagnostikk.

Prosjektleder viser videre til at soldatene heller ikke alltid rapporterer slike hendelser. Kulde/frostskaeder av mild grad kan av og til ikke bli diagnostisert, kanskje også delvis etter ønske fra tjenestegjørende soldat/befal med tanke på videre militært avansement. Begrepet «subklinisk» blir ifølge prosjektleder derfor kanskje litt upresist, og «ikke-erkjente kulde/frostskaeder» er muligens et mer dekkende begrep.

Det er for militærpersoner med slike hendelser at termografi kan ha en funksjon i å påvise mulige små endringer i sirkulasjon og sirkulasjonsregulering. Det er først etter at slike endringer eventuelt er påvist i en fullskalastudie, at det vil være mulig å sammenholde termografiske funn med eventuell kartlegging av ikke-erkjente kulde-/frostskaeder. Den innledende pilotstudie har som mål å se om metodikk og målemetode egner seg for prosjektets forskningsspørsmål.

Ifølge prosjektleder er det et økende antall publikasjoner som anbefaler videre utforskning av kulde/frostskaeder ved bruk av termografi. De tidligste publikasjoner før 1980-tallet bygget på upresis metodikk og mangelfullt utviklet termografisk utstyr, og de fleste publikasjoner var på russisk/ikke-engelsk språk, ofte uten abstract. De siste par tiår har det imidlertid kommet flere publikasjoner som alle har det til felles at de omtaler termografi som en metode som bør utforskes videre i forhold til diagnostikk og behandling av frostskaeder. Det har de siste årene også kommet flere artikler som på bakgrunn av erfaring i studier omtaler termografi som lovende i diagnostikk av kulde-/frostskaeder.

Når det gjelder komiteen etterspurte presisering av forskningsspørsmålet og hvordan man skal få svar på dette, viser prosjektleder til at det i omsøkte prosjekt skal undersøkes, i utgangspunktet, friske soldater med termografi for å se om det er endring i varmestråling før og etter vintertrening. Det anses sannsynlig at man i forsvaret kan ha et antall tjenestegjørende mannskaper som ikke er klar over at de har hatt en mild kulde/frostskaede. Ifølge prosjektleder er det kjent at en allerede frostskaedd person er betydelig mer utsatt for frostskaeder ved senere eksposisjon, dette som følge av redusert sensibilitet for kulde og redusert toleranse, samt redusert evne til revarming ved ny nedkjøling.

Prosjektleder viser til at tidligere forskning har identifisert intraindividuelle variasjoner ved gjentatt termografi som en utfordring, og man vil i det foreliggende prosjekt forsøke å bedre metodikk ved først og fremst å etablere pasientens egen «gullstandard» for undersøkelse med termografi ved mistanke om sirkulasjonsforstyrrelser ved kulde-/frostskaeder. Av denne grunn gjøres det først en pilotstudie for å prøve ut metodikk forut for en fullskalastudie med klare effektmål. Elementer i standardisert undersøkelse er unngåelse av adferd og andre forhold som kan påvirke kroppstemperaturen for termografisk undersøkelse (røyk, snus, kalde/varme drikker, kontakt med kalde/varme gjenstander). Videre er termostabile undersøkelsesbetingelser, standardisert bakgrunnsvarme, standardisert nedkjøling og oppvarming, standardiserte avstander og kamerahøyde/vinkel, klart definerte prosedyrer for gjennomføring av termografisk undersøkelse i prosjektet.

Det presiseres at hensikten med denne studien først og fremst er å bruke soldatenes egne data som «gullstandard» for den enkelte person. Ved å sammenligne bilder hos den enkelte soldat tatt pre-eksposisjonelt med bilder tatt etter kuldeeksposisjon ønsker man å utforske om kuldeeksponering gir endrede termogram som uttrykk for endret mikrosirkulasjon. Dersom det enten påvises økt oppvarmingstid og/eller endret oppvarmingsmønster, så kan det være uttrykk for endret mikrosirkulasjon i fingre/hender. Ved termografisk endring (endret mikrosirkulasjon) kan man sammenholde dette med anamnese, klinisk undersøkelse og eventuell informasjon fra vintertrening for å kunne sannsynliggjøre hvorvidt en soldat har pådratt seg en ikke-erkjent frostskaede. En slik informasjon vil være verdifull både for den enkelte soldat, men også for forsvaret, det medisinske behandlingsapparat og samfunnet som helhet.

Et mer presist forskningsspørsmål vil ifølge prosjektleder derfor være: «Kan termografi, som uttrykk for endret mikrosirkulasjon i fingre, bidra til å avdekke ikke-erkjente kulde/frostskader hos militære mannskaper som har vært eksponert for kulde?»

I henhold til komiteens innspill har prosjektleder sendt inn revidert informasjonsskriv.

Komiteens vurdering

Komiteen takker for redegjørelse med relevante referanser, som besvarer komiteens merknader på en grundig og oppklarende måte.

Komiteen har etter dette ingen forskningsetiske innvendinger til prosjektet.

Komiteen finner videre å kunne godkjenne det reviderte informasjonsskriv.

Vedtak

Prosjektet godkjennes, jf helseforskningsloven §§ 9 og 33.

Tillatelsen er gitt under forutsetning av at prosjektet gjennomføres slik det er beskrevet i søknaden og protokollen, og de bestemmelser som følger av helseforskningsloven med forskrifter.

Tillatelsen gjelder til 31.12.2016. Av dokumentasjons- og oppfølgingshensyn skal opplysningene likevel bevares inntil 31.12.2021. Opplysningene skal lagres avidentifisert, dvs. atskilt i en nøkkel- og en opplysningsfil. Opplysningene skal deretter slettes eller anonymiseres, senest innen et halvt år fra denne dato.

Komiteens avgjørelse var enstemmig.

Komiteens vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag, jf. helseforskningsloven § 10, 3 ledd og forvaltningsloven § 28. En eventuell klage sendes til REK sør-øst C. Klagefristen er tre uker fra mottak av dette brevet, jf. forvaltningsloven § 29.

Med vennlig hilsen

Britt Ingjerd Nesheim
prof.dr.med.
leder REK sør-øst C

Claus Henning Thorsen
Rådgiver

Kopi til: tesagen@online.no

B Informert samtykke



Forsvarets sanitet



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet "Termografi i diagnostisering av kulde-/frostskafer i forsvaret"

Bakgrunn og hensikt

Hvert år registreres flere nye tilfeller kulde-/frost skader i forsvaret. Kunnskap om forebygging, behandling, og tidlig diagnose kan forebygge nye hendelser og forhindre forverring av allerede etablerte kulde-/frostskafer. Dette er et spørsmål til deg om å delta i en studie for å undersøke hvorvidt varmfotografering (termografi) kan brukes for å kartlegge risikofaktorer for, og forekomsten av kulde-/frostskafer i forsvaret.

Forskningsprosjektet er et samarbeid mellom Forsvarets sanitet, Universitetet i Tromsø og Universitetssykehuset i Nord Norge. Prosjektleder er Dr Philos, avdelingslege/major Arne Johan Norheim ved Forsvarets sanitet – Trondenes/Harstad.

Hva innebærer studien?

Undersøkelse med termografi gjennomføres ved varmekamera som registrerer varmestråling fra huden. Varmebildene som registreres av varmekameraet kalles for termogram. Før varmfotografering utsettes hendene for en standardisert nedkjøling ved å plassere begge hendene, som er dekket med en tynn plasthanske, samtidig for 1 minutt i vannbad ved 20°C. Under oppvarming tas kontinuerlig termogrammer som deretter lagres i en database for diagnostikk eller som referanse for senere oppfølgende termografisk undersøkelse.

Undersøkelsen gjøres blant soldater og befal som har gjennomført/skal utføre utdanning og/eller vintertjeneste i forsvaret. Den første pilotstudien omfatter et begrenset antall militære mannskaper, og har til hensikt å avdekke gjennomførbarhet av forskningsmetoden. Det planlegges en ny undersøkelse i en større militær avdeling etter avsluttet pilotstudie.

Registrering av termogram gjøres ved innledning til vinterhalvåret med et oppfølgende termogram på våren. Soldater der termografi gir mistanke om kulde-/frostskafer får tilbud om ny undersøkelse etter 1, 3, 6 og 12 måneder.

Mulige fordeler og ulemper

Undersøkelsen med termografi er diagnostikk utover ordinær medisinsk behandling og oppfølging hos militærlege, fastlege eller spesialisthelsetjeneste. For personell som pådrar seg frostskafer vil deltakelse i studien kunne gi tilleggsm informasjon til bruk overfor Forsvaret og NAV i forhold til videre tjenestegjøring og spørsmål rundt påført yrkesskafer.

Undersøkelsen er utelukkende en registrering av fingrenes varmestråling og representerer ingen potensiell påvirkning på den undersøkte. Det medfører intet ubehag ved å delta i studien, utover nedkjøling i vannbad. Det er heller ingen strålefare eller risiko for annen påvirkning av helsen gjennom å delta i studien. Deltakerne i prosjektet er dekket av pasientskadeloven

Hva skjer med de termografiske bildene og informasjonen om deg?

De termografiske bildene og informasjonen som registreres om deg, skal 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 helsepersonell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Ved vitenskapelig publisering og annen presentasjon av forskningen vil bildene bli presentert i anonymisert form.

I forbindelse med karlegging av risikofaktorer og konsekvenser av en kulde-/frostskaide vil opptak av bilder bli knyttet opp mot forsvarrets journalsystem og database for medisinsk informasjon. Deltakelse i studien innebærer at prosjektleder som avdelingslege i forsvaret har anledning til å innhente informasjon fra forsvarrets helseregister og medisinske journalsystem. Alle innsamlede data er underlagt taushetsplikt og vil i videre databehandling og forskning bare bli brukt i anonymisert form. Du kan også når som helst få slettet opplysninger om deg som er samlet inn i studien.

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 eller oppfølging i forsvaret eller helsevesen. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen under.

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 prosjektleder Arne Johan Norheim, anordheim@mil.no eller telefon 48005535.

Personvern

Deler av helseopplysninger som skal brukes finnes allerede i forsvarrets journalsystem. Innsamlet relevant anonymisert informasjon som belyser risikofaktorer og relevant helseinformasjon i forhold til kulde-/frostskaide er registrert på en frittstående PC. Alle som arbeider i forskningsprosjektet har taushetsplikt.

Forsvarets sanitet, kontorsjef ved militærmedisinsk epidemiologi, major Terje Sagen, er databehandlingsansvarlig. Anonymiserte termografiske data og aidentifiserte opplysninger skal ikke utleveres til andre formål eller andre virksomheter utenfor det som er tidligere beskrevet

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)

Referanser

- Ammer, K., & Ring, F. (2019). *The Thermal Human Body. A Practical Guide to Thermal Imaging*.
- Cheung, S. S. (2015). Responses of the hands and feet to cold exposure. *Temperature*, 2(1), 105-120. doi:10.1080/23328940.2015.1008890
- Crawshaw, L. I., Nagashima, K., Yoda, T., Nakamura, M., Tokizawa, K., & Uchida, Y. (2012). Thermoregulation. In *Wilderness Medicine* (6 ed., pp. 104-116): Elsevier Mosby.
- Daanen, H. A. (2003). Finger cold-induced vasodilation: a review. *Eur J Appl Physiol*, 89(5), 411-426. doi:10.1007/s00421-003-0818-2
- Fernández-Cuevas, I., Bouzas Marins, J. C., Arnáiz Lastras, J., Gómez Carmona, P. M., Piñonosa Cano, S., García-Concepción, M. Á., & Sillero-Quintana, M. (2015). Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Physics & Technology*, 71, 28-55. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>
- Giesbrecht, G. G., & Wilkerson, J. A. (2006). *Hypothermia, frostbite and others coldinjuries. Prevention, survival, rescue and treatment* (M. Metz Ed. 2 ed.): The Mountaineers.
- Hassi, J., & Rintamäki, H. (2002). Effekten av kulde på ytelse og helse. In *Håndbok for arbeide i kulde* (pp. 29-49). Oulu 2002: Thelma AS. (Reprinted from: Not in File).
- helsedata.no. Forsvarets helseregister. Retrieved from <https://helsedata.no/no/forvaltere/forsvarsdepartementet/forsvarets-helseregister/>
- Høiland, I. I., de Weerd, L., & Mercer, J. B. (2014). The effect of oral uptake of nicotine in snus on peripheral skin blood circulation evaluated by thermography. *Temperature*, 1(3), 220-226. doi:10.4161/23328940.2014.984553
- Imray, C., Grieve, A., & Dhillon, S. (2009). Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgrad Med J*, 85, 481-488.
- Jin, H.-X., Teng, Y., Dai, J., Zhao, X.-D., Cao, Y., Chen, C., . . . Members of the Emergency Medicine Committee of the People's Liberation, A. (2021). Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020. *Military Medical Research*, 8(1), 6. doi:10.1186/s40779-020-00295-z
- Kräuchi, K. (2007). The human sleep - wake cycle reconsidered from a thermoregulatory point of view. *Physiology & Behavior*, 90, 236-245.
- Kräuchi, K., & Deboer, T. (2011). Body temperatures, sleep, and hibernation. In M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine* (5 ed., pp. 323-334). (Reprinted from: Not in File).
- Kåss, E. (2020, 10. august 2020). proksimal i Store medisinske leksikon. Retrieved from <https://sml.snl.no/proksimal>
- LeBlanc, J., & Wilber, C. G. (1975). *Man in the cold* (C. G. Wilber Ed.). Springfield, Illinois, USA: Charles C Thomas Publisher.
- Lewis, T. (1930). Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart*, 15, 177-208.
- Mercer, J. (2021, 2 to 4 November 2021). *Frostbite and pheripheral circulation*. Paper presented at the Cold Weather Operations Conference 2021 (CWOC 21), Terningen Arena in Elverum, Norway.
- Morrison, S. F., & Nakamura, K. (2011). Central neural pathways for thermoregulation (Review). *Frontiers in Bioscience*, 16, 74-104.
- Norheim, A. J. (2016). Powepoint presentation, slide titled Risk Assessment Scale. In. European Congress of Aerospace Medicine.

-
- Norheim, A. J. (2019). Powerpoint presentation titled RTG 310: Human performance and medical treatment during cold operations. In. NATO HFM RTG-310 meeting in Paris, France.
- Norheim, A. J. (2022). Powerpoint presentation, slide titled "What did we find?". In: European Congress of Aerospace Medicine.
- Norheim, A. J., Borud, E., Wilsgaard, T., De Weerd, L., & Mercer, J. B. (2018). Variability in peripheral rewarming after cold stress among 255 healthy Norwegian army conscripts assessed by dynamic infrared thermography. *International journal of circumpolar health*, 77(1), 1536250-1536250. doi:10.1080/22423982.2018.1536250
- Norheim, A. J., & Borud, E. K. (2018). Frostbite in the Norwegian Armed Forces. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 138(14). doi:10.4045/tidsskr.17.1070
- Pors-Nielsen, S., & Mercer, J. B. (2010). Dynamic thermography in vascular finger disease – a methodological study of arteriovenous anastomoses. *Thermology International*, 20(3), 93-99.
- Rasmussen, L., & Mercer, J. (2004). Comparison of thermal responses in hands and feet of young and elderly subjects in response to local cooling as determined by infrared imaging. *Thermology International*, 14, 71-76.
- Romeijn, N., Verweij, I., Koeleman, A., Mooij, A., Steimke, R., Virkkala, J., . . . Van Someren, E., J.W. (2012). Cold hands, warm feet: sleep deprivation disrupts thermoregulation and its association with vigilance. *Sleep*, 35(12), 1673-1683.
- Stikbakke, E., & Mercer, J. (2008). An infrared thermographic and Laser Doppler flowmetric investigation of skin perfusion in the forearm and finger tip following a short period of vascular stasis. *Thermology International*, 18, 107-111.
- Tipton, M. (2014). *Cold Weather Military Operations. Experiences from the Past Lessons for the Present*. Paper presented at the HFM-255 Workshop "Cold Extreme Environmental Operations", Optimizing Warfighter Performance in Extreme Cold, FFI, Kjeller, Norway. PowerPoint presentation retrieved from
- Walløe, L. (2016). Arterio-venous anastomoses in the human skin and their role in temperature control. *Temperature*, 3(1), 92-103. doi:10.1080/23328940.2015.1088502

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan, med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs formål

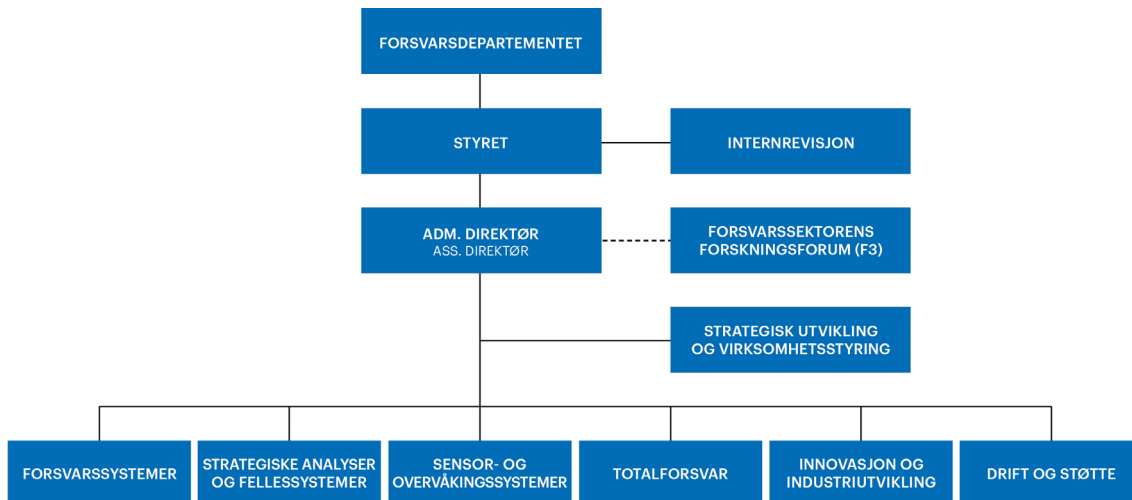
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: post@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: post@ffi.no