



FFI-rapport 2013/01566

Historisk gjennomgang av studier utført av FFI på Krigsskolens stridskurs



Hilde Kristin Teien



Historisk gjennomgang av studier utført av FFI på Krigsskolens stridskurs

Hilde Kristin Teien

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

26. august 2013

FFI-rapport 2013/01566

392901

P: ISBN 978-82-464-2298-5

E: ISBN 978-82-464-2299-2

Emneord

Fysisk aktivitet

Søvnmangel

Kosthold

Termoregulering

Restitusjon

Godkjent av

Janet Martha Blatny

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingsjef

Sammendrag

På oppdrag fra Krigsskolen har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) oppsummert resultatene av den forskningen instituttet har utført i tilknytning til Krigsskolens stridskurs (Hærens krigsskole). Kadettene på Krigsskolen er fulgt under stridskurset siden starten av 1970-tallet og det foreligger et stort antall vitenskapelige artikler, spesielt fra 80- og 90-tallet.

Denne rapporten beskriver påviste endringer i kroppen under og etter hard fysisk aktivitet, ved søvmangel og ernæringsmangel, og konsekvensene disse endringene kan ha. Stridskurset er et mestringsorientert kurs i juni måned og varer i ca. én uke med døgkontinuerlige fysiske aktiviteter (kaloriforbruk på 7000-10000 kcal per døgn), lite mat (inntak på ca. 700 kcal per døgn) og lite søvn (1-3 timer). Under kurset foregår en ekstrem nedbryting av kroppens energilagre. Kadettene mister i gjennomsnitt omtrent 10 prosent av sin kroppsvekt. Det er påvist tap av muskelmasse på ca. 6 prosent. Til tross for dette er søvmangel den største utfordringen for kadettene under kurset.

Studiene viser at stridskurset fører til forstyrrelser i døgnrytme, hormonelle forandringer, endring i termoregulering (noe som medfører større fare for generell kroppsnedkjøling), belastningsskader (samme symptomer som hos overtrente idrettsutøvere), endring i mage- og tarmfunksjon (diaré og oppkast), nedsatt mental og fysisk ytelse (hovedsakelig som følge av søvmangel), svekket glukosetoleranse og økt infeksjonsrisiko (særlig i øvre luftveier) i dagene etter kurset. Til tross for økt infeksjonsrisiko, er det ikke påvist noen økning i øvre luftveisinfeksjoner under eller etter kurset. Resultatene viser store individuelle forskjeller i endringer i reguleringssystemene i kroppen under stridskurset. Personer som er godt trent, har gode søvnrytmer, har inntatt god ernæring før kurset, som skårer høyt på positiv mestringsstro og har positiv innstilling, er best rustet til å gjennomføre kurset. De som sliter mest med lite mat, har i utgangspunktet lite underhudsfett. Disse kadettene må få tilført ekstra næring for å hindre større tap av muskelmasse. FFIs erfaring er at det ikke bare er mengde mat, men også ernærings sammensetningen, som har betydning for mental og fysisk ytelse.

Det er viktig med restitusjon etter stridskurset slik at kadettene raskt kommer tilbake til operasjonell aktivitet. Resultater viser at hormonelle forhold er tilbake til normalt nivå etter tre uker, mens det derimot kan ta flere uker eller måneder før nummenhet og belastningsskader i beina er borte. Det tar omtrent en uke å komme tilbake til normalt søvnmønster. Alle endringer i kroppen som følge av deltagelse på stridskurset ser ut til å være helt restituerte etter 2-3 måneder.

English summary

This report is a review of the medical studies that the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) has conducted in conjunction with the Norwegian Military Academy ranger-training course. FFI has followed the cadets at the Military Academy during their combat courses since the beginning of the 1970s and the course has been extensively studied in a number of scientific papers, especially by Per Kristian Opstad, FFI, during the 1980s and 1990s.

This report describes changes observed in the body after strenuous physical activity, energy depletion and sleep deprivation, as well as the consequences these alterations have for the cadets. The military ranger training course is organized annually, in June, for about one week with continuous activities “24-7” corresponding to the use of approximately 7000-10000 kcal per day. The energy intake is estimated to about 700 kcal and the sleep level to a total of 1-3 hours per day during the course. The course represents a situation with extreme degradation of the energy storage in the body and with a body weight reduction of about 10 percent. A loss of muscle mass of about 6 percent has also been observed. Despite this, sleep deprivation is the most painful stress factor for the cadets during the military ranger training course.

The studies performed by FFI show that the military ranger training course leads to major alterations in the circadian rhythm, the hormone levels, and the temperature regulation with a reduced “thermostat” temperature representing a greater risk of general body cooling (hypothermia). Furthermore, significant alterations are observed in mental and physical performance with a reduced performance mainly due to sleep deprivation, impaired glucose tolerance due to energy deficiency, gastrointestinal alterations (e.g. increased gastric acid concentration and production and increased gastrointestinal regulatory peptides) and increased risk of contracting infectious diseases. Despite the increased risk of becoming subject to infections (e.g. contagious viral upper-respiratory tract infections) after the training course, no obvious clinical signs of upper-respiratory tract infections were noted in the involved cadets during or after the training course. Large individual differences have been observed in loss of body weight during the training course. The individuals that, prior to the training course, are well fit and trained, have good sleep rhythms, sufficient nutrition uptake as well as a high score on positive self-efficacy, are the cadets that perform best during the course. In contrast, cadets with low levels of body fat seem to find the course more challenging and must be provided with additional nutrition to prevent starvation and excessive loss of muscle mass. FFI suggests that both the amount of food and the food’s composition are of significance for the individual’s mental and physical performance.

A recovery period after the military ranger-training course is crucial for the soldiers to be able to return to operational activities as soon as possible. Results show that the hormonal alterations reach normal levels about 3 weeks after the course, while it can take several weeks before the numbness and strain in the feet have diminished. It takes one week to recover from sleep deprivation. FFI has observed that the changes in the body after the ranger-training course are completely recovered after about 2-3 months.

Innhold

	Forord	8
1	Innledning	9
1.1	Hva er Krigsskolens stridskurs?	9
1.1.1	Krigsskolens beskrivelse av stridskurset	9
1.1.2	Stridskurset slik det beskrives i medisinske forskningsartikler	10
1.2	Multistress	12
1.2.1	Individuelle faktorer som kan påvirke stressreaksjonen	13
2	Innledende fakta	17
2.1	Biologiske rytmer	17
2.2	Hormonelle reaksjoner	19
2.2.1	Stresshormoner	19
2.2.2	Skjoldbruskkjertelhormoner	21
2.2.3	Hormoner produsert i testiklene	22
3	Hard fysisk aktivitet	24
3.1	Teoretisk innføring	24
3.1.1	Kroppens energilager	24
3.1.2	Energikilde ved aktivitet og muskelarbeid	24
3.1.3	Fall i blodsukker og motmekanismehormoner	26
3.1.4	Konsekvensene ved langvarig fysisk aktivitet	26
3.2	Observasjoner under stridskurset	30
3.2.1	Kontinuerlig lekkasje av ROS – oksygenradikaler under stridskurset	30
3.2.2	Stridskurset representerer en tilstand med ekstrem nedbryting av energilagre	31
3.2.3	Reduksjon i hemoglobin (Hgb) og antall røde blodceller	32
3.2.4	Konstant økt hjertefrekvens	33
4	Søvnmangel	35
4.1	Teoretisk innføring	35
4.2	Søvn- og våkenmønsteret	36
4.3	Mental ytelse og sinnsstemning	38
4.4	Bruk av amfetamin og koffein	42
4.5	Termoreguleringsrespons	43
4.6	Hormonelle forandringer	43
5	Energimangel	44
5.1	Teoretisk innføring	44

5.1.1	Regulering av energiomsetning av næringsstoffer og blodsukker	44
5.1.2	Mål for energien i mat	45
5.1.3	Karbohydrater	46
5.1.4	Fett	46
5.1.5	Proteiner	47
5.1.6	Ernæring i forbindelse med militærøvelser	47
5.2	Ernæring under stridskurset	49
5.2.1	Hvilke kadetter får problemer under stridskurset som følge av lite matinntak?	51
5.2.2	Fall i blodsukkeret, endring av metabolsk og endokrint nivå og utsletting av døgnvariasjonen for flere hormoner	52
5.2.3	Matinntak	53
5.3	Noen individuelle resultater	54
5.4	Kroppssammensetning, tap av muskelmasse	54
5.4.1	Væskebalansen	56
6	Termoregulering	58
6.1	Teoretisk innføring	58
6.2	Nedsatt kjernetemperatur hos kadetter under stridskurset	61
6.2.1	Adaptasjoner til forskjellig omgivelsestemperatur	62
6.3	Hypotermi	63
6.3.1	Kulde og ytelse	65
6.4	Kuldeskader	67
6.4.1	Redusert blodstrømrespons i ekstremiteter (hender, bein, føtter)	69
6.5	Redusert funksjon i skjoldbruskkjertelen (tyreoidea) under stridskurset	69
7	Betennelse, belastningsskader og mageproblemer	71
7.1	Teoretisk innføring	71
7.1.1	Metoder for å avsløre overbelastning	73
7.1.2	Forebygging av belastningsskader og overtrening	74
7.2	Overbelastning i forbindelse med stridskurset	75
7.2.1	Nedsatt fysisk yteevne som følge av øvre luftveisinfeksjoner	77
7.3	Gnagsår og hudblemmer	77
7.4	Immunforsvaret	79
7.4.1	Teoretisk innføring	79
7.4.2	Forandringer under stridskurset	81
7.5	Mage og tarm problemer	82
7.5.1	Teoretisk innføring	82
7.5.2	Mage- og tarmforandringer under stridskurset	84

8	Restitusjon	87
8.1	Teoretisk innføring	87
8.1.1	Dehydrering	88
8.1.2	Måltrettede restitusjonstiltak	88
8.1.3	Viktigheten av restitusjon for soldater	89
8.2	Restitusjon etter endt stridskurs	89
8.2.1	Søvn, glukosetoleranse og hormonelle endringer	89
8.2.2	Behandling av overtrening og oppbygging av tapt muskelmasse	91
8.2.3	Gjenoppretelse av termoreguleringen	92
8.2.4	Kuldeskader	92
	Appendix A Stridskurs studier utført av FFI	93
	Referanser	96

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Hærens krigsskole. Jeg takker Krigsskolen for godt samarbeid. Krigsskolens stridskurs har blitt grundig studert helt fra starten av syttitallet og frem til i dag, særlig av Per Kristian Opstad. Han har skrevet et stort antall artikler, og det var med stor ydmykhet jeg startet denne "historiske" litteraturstudien. Det har vært en lærerik og interessant prosess. Utfordringen har vært å ikke grave for langt ned i detaljer.

Jeg takker Hokstad ved Krigsskolen for informasjon om Krigsskolens stridskurs. Jeg takker også Biblioteket ved FFI og Janet Blatny, som har vært veldig hjelpsomme med å skaffe litteratur. En stor takk til Yngvar Gundersen ved FFI for hans bidrag med å lese igjennom rapporten og hjelpe til med "språkvask".

1 Innledning

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har siden starten av syttitallet benyttet Krigsskolens stridskurs til å studere hvordan mental og fysisk yteevne og immunforsvaret blir påvirket av store fysiske anstrengelser, lite næringsopptak og søvnmangel. Kunnskapen kan bidra til å redusere helseskader under trening og opplæring, slik som f.eks. under stridskurset [1].

Denne rapporten er hovedsakelig en historisk gjennomgang av studier som FFI har utført i forbindelse med Krigsskolens stridskurs. Resultatene er publisert i et stort antall vitenskapelige artikler. Intensjonen med rapporten er å fremstille dette omfattende materialet slik at det blir lettere tilgjengelig for Krigsskolen/soldatene.

Hovedtemaene i rapporten er hard fysisk belastning, energimangel, søvnmangel, termoregulering, betennelse/ belastnings-skader og restitusjon. For at leseren lettere skal kunne forstå resultatene, er det tatt med grunnleggende teori innen de forskjellige temaene. Det er også lagt vekt på den betydning resultatene vil kunne ha for soldatene. Forfatteren har sin hovedutdannelse innen termoregulering og biomedisin, og rapporten er skrevet med dette som bakgrunn. For en grundigere medisinsk gjennomgang av materiale og metoder henvises det til originalartiklene og litteratur som det er referert til.

1.1 Hva er Krigsskolens stridskurs?

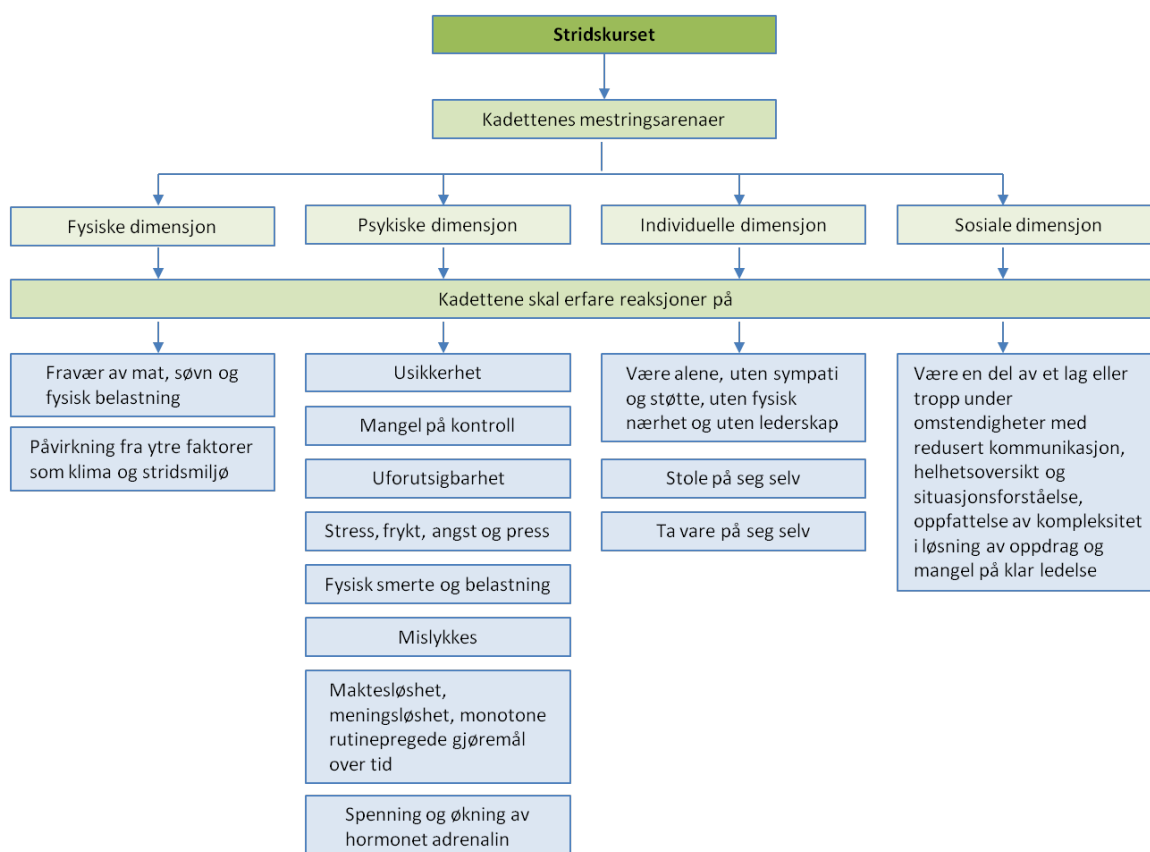


Figur 1.1 Krigsskolens stridskurs. Foto Forsvaret/Torgeir Haugaard 1999.

1.1.1 Krigsskolens beskrivelse av stridskurset

Ifølge Krigsskolens studiehåndbok (Krigsskolens studiehåndbok operative kull 11-14, 2011) er Hærens krigsskole (Krigsskolen) en utdannelseinstitusjon for grunnleggende offisersutdanning med fokus på militære ledere med profesjonsidentitet. Opptaket til Krigsskolen er basert på streng seleksjon og krever kunnskap, ferdigheter og holdninger fra tidligere (lavere) utdanningsinstitusjoner, for eksempel befalsskole. Krigsskolen fokuserer i stor grad på kadettene evne til operativ ledelse under fred, krise og krig. Stridskurset er en mestringsorientert del av utdannelsen på Krigsskolen, og har vært gjennomført nokså uendret siden sekstitallet. Hensikten

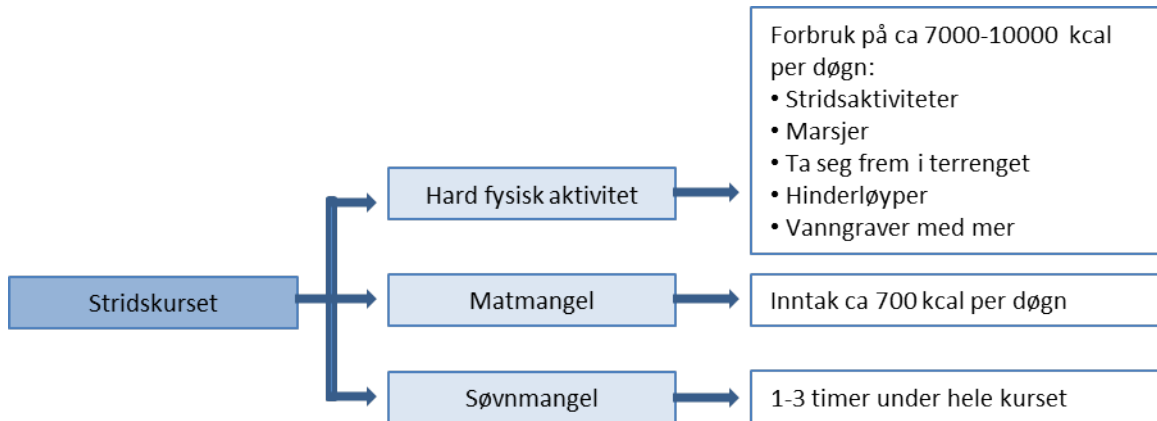
med stridskurset er å gi kadettene mulighet til å forsere sine psykiske og fysiske barrierer og få styrket sin evne til å fungere som leder og soldat i krevende operasjoner. Gjennom stridskurset skal kadettene få kjennskap til hvordan fysiske og psykiske belastninger over tid virker inn på egen og andres ene til oppdragsløsning, stridsdyktighet, situasjonsforståelse, beslutningstaking og kommunikasjon. For at situasjonen skal være relevant, settes kadettene i situasjoner som utfordrer deres fysiske og psykiske kapasiteter til det ytterste. Utfordringene rettes både mot den enkelte og mot gruppen som man er en del av. Stridskurset skal i tillegg også gi en følelse av å lykkes for å bidra til positiv mestringstro og selvfølelse. Mestringsarenaene til kadettene for stridskurs 2012 er delt inn i fire dimensjoner: den fysiske, psykiske, individuelle og sosiale (Figur 1.2).



Figur 1.2 De fire dimensjoner som mestringsarenaene til kadettene er delt inn i for stridskurs gitt i Krigsskoleordre for 2012: den fysiske, psykiske, individuelle og sosiale. (Illustrasjon Teien 2013).

Stridskurset kan sammenliknes med en ordinær eksamen hvor man kan stryke og kontinuere én gang. De kadettene som ikke består stridskurset ved første gangs gjennomføring, fremstilles automatisk for kontinuasjon ved neste gjennomføring. Det betyr i praksis at de må vente et helt skoleår før de prøves på nytt. Hvis kadettene ikke greier å gjennomføre Krigsskolens stridskurs, får det store konsekvenser for militært.

1.1.2 Stridskurset slik det beskrives i medisinske forskningsartikler



Figur 1.3 En del av belastningene under stridskurset er hard fysisk aktivitet, mat- og søvn­mangel. Inntaket av ernæring er kun på ca 700 kcal per døgn, mens forbruket er på 7000-10000 kcal per døgn. (Illustrasjon Teien 2013).

I medisinske artikler og rapporter utgitt av FFI, US Army med flere, rapporteres det at stridskurset er en mestringsøvelse og et treningsprogram for kadetter på Krigsskolen. Det ble startet i Norge i 1967 med et amerikansk militærtreningskurs som modell og arrangeres årlig med kun få modifikasjoner [2]. Det varer ca én uke med døgkontinuerlige aktiviteter, lite mat og lite søvn. I tillegg blir deltagerne utsatt for vær og vind. De fysiske anstrengelsene består mye i stridsaktiviteter, marsjer, forsering av terreng, hinderløyper, vanngraver med mer – noe som gjennomsnittlig krever 35 % av maksimalt oksygenopptak (maks-O₂) og et kaloriforbruk på 7000-10000 kcal/døgn. Det er ikke tillatt med noen organisert soving under hele stridskurset, men kadettene tar små ”dupper” mellom aktivitetene. Tidligere observasjoner utført av Opstad har vist at kadettene sover totalt 1-3 timer under hele stridskurset [3]. I den senere tid har antall timer søvn økt, men det er ikke målt (Opstad 2013, personlig meddelelse). Forsøksmodellen har stort sett vært den samme siden begynnelsen på 70-tallet. Frem til og med 2012 ble stridskurset gjennomført på slutten av det første studieåret i juni måned. På denne tiden kan temperaturene variere betydelig mellom dag og natt fra 0-5 °C og opp i 15-20 °C (noen dager enda høyere). Hensikten med kurset er å teste lederskap under ekstreme forhold. Kadettene som deltar, er valgt ut til Krigsskolen på bakgrunn av fysiologiske tester, fysiske presentasjoner og tidligere resultater. De er i veldig god fysisk og mental form og vant til feltøvelser [4].

Stridskurset blir i forskningsartiklene/rapportene beskrevet som et treningskurs hvor soldatene utsettes for multifaktoriell stress, det vil si at de opplever mange forskjellige situasjoner som av kroppen oppfattes som stress og som kan endre kroppens indre miljø. Stressfaktorene omfatter døgkontinuerlig fysisk aktivitet, søvnmangel, matmangel, vær og vind med store temperaturforskjeller, tidspress, endeløs venting med mer. Treningskurset har de siste årene gått i en retning av mer ledelsesutvikling og mindre fysisk belastning enn tidligere år.

1.2 Multistress

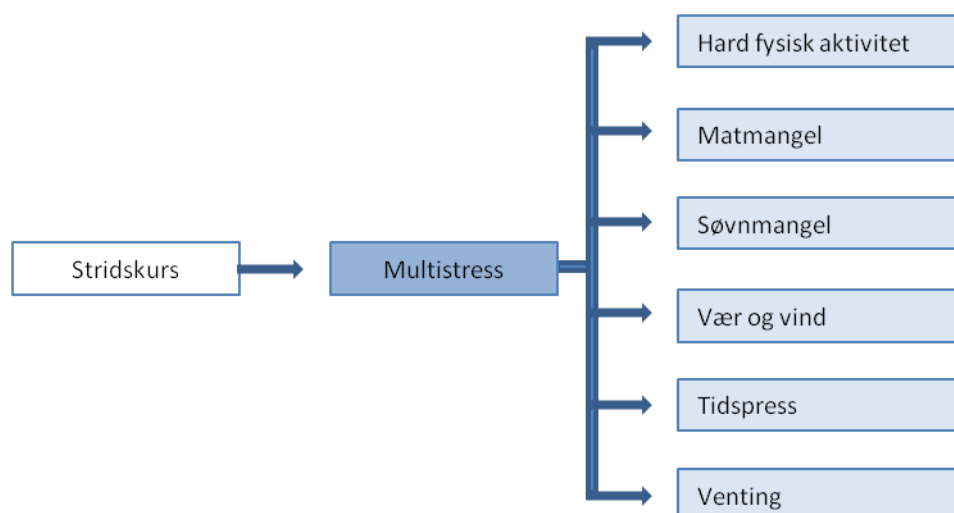
Kroppen utsettes ofte for kombinasjoner av forskjellige typer stress, noe som alltid er tilfelle i militære feltoperasjoner [5]. Det er nære forbindelser mellom kropp og sinn. De fleste fysiske belastninger vil enten ha en positiv eller negativ virkning på den mentale likevekten, og multistressreaksjoner kan gi seg utslag i fysiologiske symptomer.

Waldum et al. [6] rapporterte på midten av 70 tallet at den store frafallsprosenten under strid på grunn av mentalt sammenbrudd, gjør studiet av "stress" av betydelig militær interesse. Det var ifølge Waldum utført få biokjemiske studier under virkelig krig, med unntak av Koreakrigen der binyreaktiviteten ble undersøkt (utskillelse av adrenalin og noradrenalin). Påkjenningerne under stridskurset skal så langt som mulig ligne dem som forventes i krig. Betydningen av ordet stress i forbindelse med stridskurset er påkjenninger som "endrer, eller truer med å endre, kroppens indre miljø" (homeostasen/kroppens likevekt). Under stridskurset blir alle kroppens regulatoriske evner stresset maksimalt for å opprettholde den indre likevekten. Det skjer i tillegg en betydelig metabolsk tilpasning [7-9]. Stress kan være faktorer i miljøet rundt, for eksempel kulde, langvarige anstrengelser eller indre faktorer som smerte, sjokk og psykiske påkjenninger [10]. De fysiske kravene i strid påtvinger soldatene unike stress- og overbelastninger som man ikke kan se i sivile situasjoner og yrker [5]. I militære feltoperasjoner er stressfaktorene ofte langvarige og krevende, med kontinuerlig fysisk aktivitet kombinert med søvn- og energimangel, kulde og varme, tidspress og venting [9]. Kombinasjonen kan medvirke til fysisk svekkelse og dermed redusere den militære kapasiteten i strid/kamp [5]. Stress kan også føre til sykdommer [9].

Utfallet av militære feltoperasjoner avhenger derfor både av fysisk og mental status til personene som er involvert. Den enkeltes fysiologiske og ernæringsmessige status kan markant påvirke muligheten til å maksimere ytelsen under vedvarende operasjoner med høyt stress, noe som kan true effektiviteten til en avdeling [11]. Komiteen for "optimalisering av ernæringens sammensetning av militære rasjoner for kortvarige situasjoner med høyt stress" anbefaler at soldatene har tilstrekkelig ernæring før og under en militær operasjon, noe som kan redusere negative konsekvenser av fysisk og mentalt stress [11].

Stressreaksjoner innebærer smerte, immunologisk og autonom aktivering av organismen. Kroppens fysiologiske reaksjoner som følge av disse aktiveringsmønstrene, kan dermed benyttes som mål på psykologiske stressegenskaper [12].

De enkelte stressfaktorer er ofte nøye studert, men det er færre studier som har sett på samspillet i en multifaktoriell stressituasjon. Mange studier er utført på forsøksdyr under anestesi eller på pasienter som har fått medisiner, vært under anestesi eller blitt operert, faktorer som kan påvirke resultatene. Flesteparten av stresstudiene på menneske før slutten av syttitallet, var kortvarige, kun opptil fem timer [13]. Interaksjonen mellom forskjellige stressfaktorer kan ikke bestemmes ut fra kunnskap om effekten av hver enkelt stressfaktor alene, for de forskjellige faktorene kan forsterke eller motvirke hverandre. Dette er hovedgrunnen til at studier på multistress kun kan gjennomføres i multifaktorielle feltstudier slik som Krigsskolens stridskurs [9].



Figur 1.4 Multistressfaktorene som kadettene utsettes for under stridskurset er vist i diagrammet. En følge av disse faktorene er at alle kroppens regulatoriske evner stresses maksimalt for å opprettholde kroppens indre likevekt. (Illustrasjon Teien 2013).

Tilpasningen for å opprettholde den indre likevekten kan omfatte både energiomsetning og termoregulering. Vi er avhengig av en konstant kroppstemperatur for normal ytelse og overlevelse [14]. Aktiviteten i det sympatiske nervesystemet øker i alle situasjoner som er kritiske og belastende for organismen. Det er blodets oppgave å transportere gasser som O₂ og CO₂, hormoner, energibærere, glukose, aminosyrer, forskjellige fettstoffer og avfallsstoffer. Blodet transporterer også varme og har en viktig rolle i varmereguleringen [10].

1.2.1 Individuelle faktorer som kan påvirke stressreaksjonen

Individuelle forskjeller kan forklare grunnen til at forskjellige individer kan reagere svært ulikt på samme type stress. Ifølge Birkeland [12] omfatter disse faktorene: tidligere erfaring, autonome og endokrine responser, person- og situasjonsfaktorer, individet i en sosial kontekst, personlighet og "hardiness" (robusthet). Studier har vist at effekten av tidligere erfaring er sterk og vanskelig å reversere. Responsene fra nervesystemet og systemet som styrer hormonutskillelsen (endokrine system) er vist å ligge bak mange av de negative psykologiske og helsemessige konsekvensene av stress. Personer med høy nerveaktivitet og endokrin aktivitet har økt risiko for en rekke sykdommer. Det er vist at katekolaminer (adrenalin og noradrenalin) og kortisol er viktige

hormoner når det gjelder sammenhengen mellom fysiologisk reaktivitet og helse. Både katekolaminer og kortisol mobiliserer kroppens "fight and flight respons" i møte med stressfaktorer, men de har forskjellig effekt på kroppen [10;12]. Reagerer organismen på stress med høyt nivå av kortisol i stedet for med katekolaminer, øker sårbarheten for sykdom. Fysisk trening får kroppen til å skille ut katekolaminer (adrenalin, noradrenalin og dopamin), og derfor er moderat fysisk trening helsefremmende [12]. I teorien er det enighet om at graden av usikkerhet og uforutsigbarhet er avgjørende for hvordan man responderer på stressende stimuli. Én personfaktor er forpliktelse, som sier noe om hva som er viktig for en person, hvilke valg, verdier eller mål personen har. Positive antagelser kan være viktige psykologiske ressurser i møte med vansker. Derfor blir antagelser om personlig kontroll og mestringsmulighet viktige. Sosiale relasjoner spiller også en viktig rolle. Hjelp og støtte fra andre er vanligvis en ressurs for enkeltindividet. Sosial støtte bidrar også til at en lettere mestrer og kommer seg igjennom vanskelige perioder og hendelser. Det er også vist at det kan øke immunforsvarets funksjon. I tillegg er optimisme og mestring faktorer som minsker de immunologiske responsene på stressfaktorer. Det er ifølge Birkeland generelt antatt at visse personlighetstrekk og mestringsrespons er mer adaptive og beskyttende, og de har vært koblet til vellykket mestring i situasjoner med høyt stressnivå. «Hardiness» betegner personer som synes å være resistente mot harde belastninger. Birkeland rapporterer at de kjennetegnes av forpliktelse, kontroll og ønske om utfordring, og de ser ut til å ha et mer positivt syn på seg selv i møte med utfordringer. Birkeland henviser til at det er vist sammenheng mellom «hardiness», god helse og prestasjoner under en rekke stressende hendelser. Sammenligner en mann med lav og høy «hardiness», er det vist at menn med høy «hardiness» vurderer en oppgave mindre truende og mer kontrollerbar enn de med lav «hardiness» [12]. For referansene bak Birkelands begrunnelser og definisjoner henvises det til "Mestring og biologiske markører på belastning: Effekten av generell mestringsstil og militært personells reaksjoner på en krevende øvelse" [12].

Erfaringer som Krigsskolen har gjort under tidligere stridskurs, støtter opp under antagelsen om at de indre motivasjonsfaktorene også har betydning for kadettene som skal gjennom stridskurset. Det har vist seg at de som har størst tro på at de skal mestre en utfordring, også er de som har best forutsetning for å gjennomføre stridskurset og som klarer seg best. Dette samsvarer med resultater fra en studie med fem dager med fysisk krevende militærøvelse, der motivasjonsvikt sannsynligvis medvirket til at enkelte deltakere fant løpet svært krevende, mens andre opplevde utfordringen som minimal. Ifølge Gundersen vil de minst motiverte ha lettest for å falle fra. Soldatenes fysiske form og type trening virker også inn [15].

Det er individuelle forskjeller på hvordan kroppen vil respondere på stressfaktorene som kadettene utsettes for under stridskurset, avhengig av forhold som alder, kjønn, overflate/masse forhold, fysisk form, erfaring, hvor drillet den enkelte soldat er, etc.

Resultatet av militære feltoperasjoner avhenger mye av nivået på fysisk og mental status til de personene som er involvert. Et individs fysiologiske og ernæringsmessige status kan markant påvirke muligheten for å kunne yte maksimalt under langvarige operasjoner med høyt stress. Dette kan utgjøre en trussel mot at operasjonen får et heldig utfall [15]. Det anbefales at soldatene får tilstrekkelig å spise før og under en militær operasjon, noe som kan redusere negative konsekvenser av fysisk og mentalt stress.

De kadettene som er minst motivert, vil også være de som lettest faller fra under krevende forhold som eksempelvis stridskurset [15].

Ifølge Birkeland [12] vil individuelle forskjeller ha betydning for hvordan man mestrer en belastende stresset situasjon der visse personlighetstrekk og mestringsresponsen er mer adaptive og beskyttende, og har vært koblet til vellykket mestring i situasjoner med høyt stressnivå. "Hardiness" (robusthet), som er et begrep som regnes for å være uttrykk for relativt stabile personlighetsegenskaper, viser at personer som skårer høy på hardiness, har bedre helse og presterer bedre i en rekke stressende situasjoner. Det er også vist at fysisk trening er godt for helsen.

Definisjonen på fysisk form slik den er gjengitt i en rapport fra Helsedirektoratet [16], er: "Fysisk form er et sett av egenskaper som man har eller erverver seg, og som er relatert til evnen man har til å utføre fysisk aktivitet. Helserelatert form kan defineres som en tilstand karakterisert av a) evne til å utføre daglige aktiviteter med overskudd og b) fysiologiske trekk og kvaliteter som er forbundet med lav risiko for utvikling av livsstilsykdommer og lidelser. Punkt a) innbefatter egenskaper som aerob kapasitet (kondisjon), muskelstyrke, motorikk, balanse, og bevegelighet. Punkt b) innbefatter faktorer som blodfettprofil, insulinsensitivitet, kroppssammensetning og blodtrykk".



Figur 1.5 Endringer i kroppen som følge av påkjenninger under stridskurset. Studiene utført av FFI viser at kurset fører til flere endringer i kroppen: Forstyrrelser i døgnrytmer, hormonelle forandringer, endring i termoregulering, belastningsskader/ overtrening, nedsatt mental og fysisk ytelse, endring i mage og tarmfunksjon, redusert glukosetoleranse, redusert volum av magesekken, endring i søvnmønsteret og økt infeksjonsrisiko (særlig øvre luftveisinfeksjoner) med flere. (Illustrasjon Teien 2013).

PRAKTISKE RÅD

Individuelle faktorer som kan være med på å hindre skader, unngå infeksjoner, lettere komme seg igjennom stridskurset og raskere restitusjon:

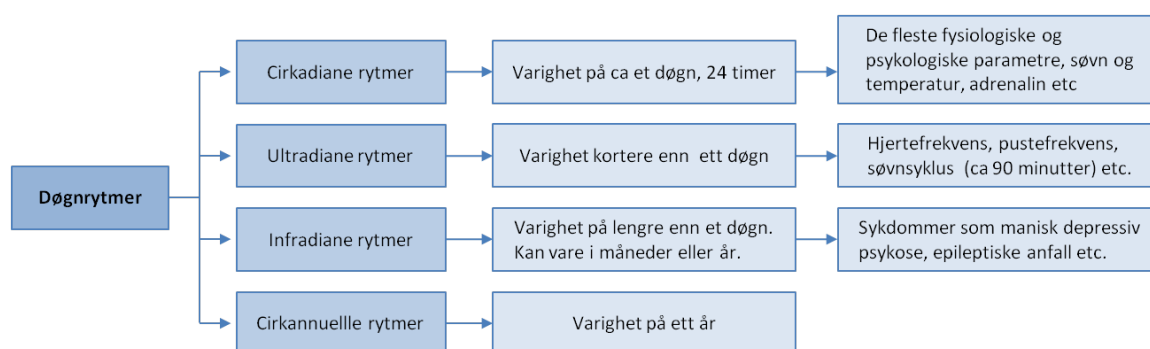
- God planlegging
- Godt restituert før stridskurset
- Ha en god ernæringsbalanse før og etter stridskurset.
- God væskebalanse før stridskurset og være flink til å drikke under stridskurset
- Tilstrekkelig med søvn og regelmessig døgnrytme før og etter stridskurset
- Godt trent og ha god kondisjon
- Gradvis økning i treningsintensitet slik at hud og muskel/skjelettsystemet får tid til å bygge seg opp
- Kunnskap og tidligere erfaring
- Mestringstro og positiv innstilling

2 Innledende fakta

Dette kapitlet er ment å gi en kort innføring i hormonelle reaksjoner i stressituasjoner og biologiske rytmer. Dette vil gi grunnlag for lettere å forstå studier beskrevet i rapporten. Hormonforandringene i kroppen inntreffer etter at sammensetningen av kroppens indre miljø er endret, og deres oppgave er å korrigere slike endringer. De biologiske rytmene regulerer hormonsekresjonen etter et bestemt tidsmønster. Hormonsekresjonen fra de endokrine kjertlene endres på bestemte tider. Selve sekresjonen av hormonene utløses før likevekten endres, og de har som oppgave å forebygge slike endringer. Tidsregulatorerne for de ulike biologiske rytmene finnes i nerveceller i hjernen [10].

2.1 Biologiske rytmer

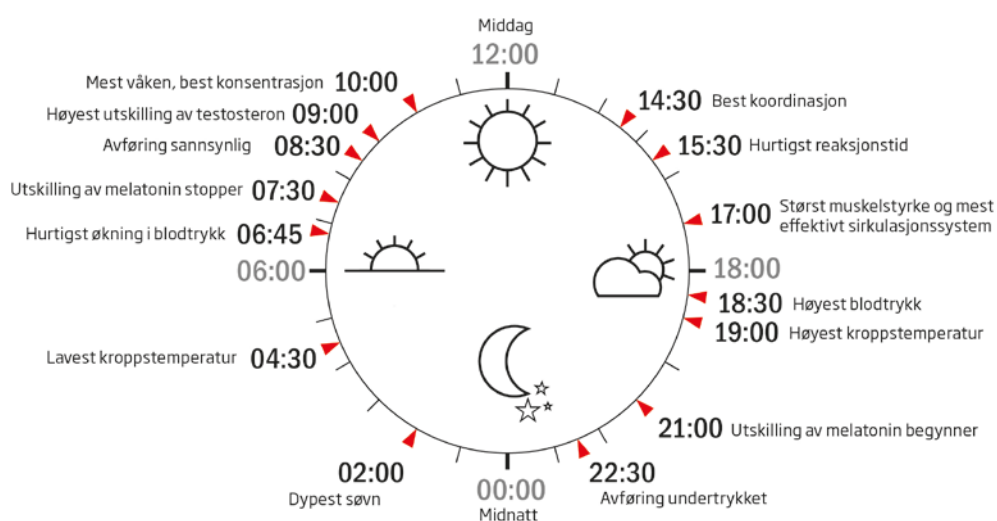
Mennesket har et bredt spekter med biologiske rytmer, nedarvet i alle cellene i kroppen. Mange kroppsfunksjoner varierer med tiden etter et bestemt mønster, for eksempel søvn og våken tilstand. Kroppstemperaturen er lavere om natten enn om dagen [10]. De mest kjente biologiske rytmene er de *cirkadiane* med en varighet på ca 24 timer. Man har også *ultradiane* rytmer med varighet på mindre enn 24 timer, *infradiane* rytmer med varighet på lengre enn 24 timer og *cirkannuelle* rytmer som varer ett år, se Figur 2.1. De fleste målbare fysiologiske og psykologiske parametre har kjente cirkadiane rytmer [17;18], og det er disse som har størst betydning under stridskurset. De cirkadiane rytmene er generert inne i kroppen, men de lar seg påvirke av ytre faktorer slik som solstråling. Sentralnervesystemet (SNS) synkroniserer de forskjellige rytmene til cellene i kroppen. Produksjonen av de fleste hormoner varierer gjennom døgnet [9], styrt av celler i hjernen. Det er flere faktorer som påvirker disse cellene, deriblant lyseksponering og melatoninnivå (kroppens søvnhormon) [19]. De forskjellige hormonene har ulike døgncurver, noe som avspeiler at de har forskjellige oppgaver [10]. Døgnrytmen til veksthormon (HGH) er for eksempel koblet til søvn, mens binyre- og testikkelsteroider har sin egen rytme uavhengig av søvn [20]. Felles for alle hormoner er at nivået øker sterkt om natten og faller i løpet av dagen. Det gjelder spesielt for hormonet kortisol. Døgnrytmen til kortisol er vist å være helt utslettet etter stridskurset [17].



Figur 2.1 Døgnrytmer. Der den mest kjente biologiske rytmen er cirkadiane rytmer med en varighet på ca 24 timer. Den mest kontrollerte døgnrytmen er kroppstemperaturen. (Flytdiagrammet er illustrert av Teien 2013 der teksten er hentet fra "Biologiske rytmer og arbeidstider", Opstad 1986 [18]).

Det er klare døgnvariasjoner i fysisk ytelse slik som muskelstyrke, maksimalt oksygenopptak og balanseevne. De fleste mentale prestasjoner har også klare døgnvariasjoner. Mentale prestasjoner vil for eksempel være årvåkenhet, reaksjonshastighet, logisk resonneringsevne, regneferdighet, komplekse oppgaveløsninger, stemningsleie med mer. De beste resultatene oppnås på dagtid, spesielt på ettermiddagen, og de dårligste om natten mellom kl 02-06. Det er også døgnvariasjoner i hjerterytme, blodtrykk, vekt, urinproduksjon, nyrenes utskillelse av salter, metaller og stoffskifteprodukter, røde og hvite blodceller og mange andre biokjemiske parametere i blodet [17;18].

De biologiske døgnrytmene varierer i lengde fra person til person, ofte mellom 23 og 27 timer, men noen kan ha døgnrytmer med perioder på over 30 timer. En annen forskjell er rytmenes svingninger (amplitude), f.eks. forskjellen mellom temperaturen i kroppen på dag- og nattetid eller prestasjoner på dag- og nattetid [18]. Normalt varierer prestasjonene 10 til 15 prosent i forhold til døgngjennomsnittet, med de beste prestasjonene om dagen og de dårligste om natten. Opstad rapporterer også at det ofte er en sammenheng mellom svingningene i døgnrytmen og hvor rask tilpasningsevne mennesker har til endring i livs- og arbeidsrytmer. Opstad har skrevet en FFI-rapport utgitt i 1986 "Biologiske rytmer og arbeidstider" [18] som også er utgitt i en skriftserie av Universitetsforlaget [17]. Disse gir en grundig innføring i menneskets biologiske rytmer.



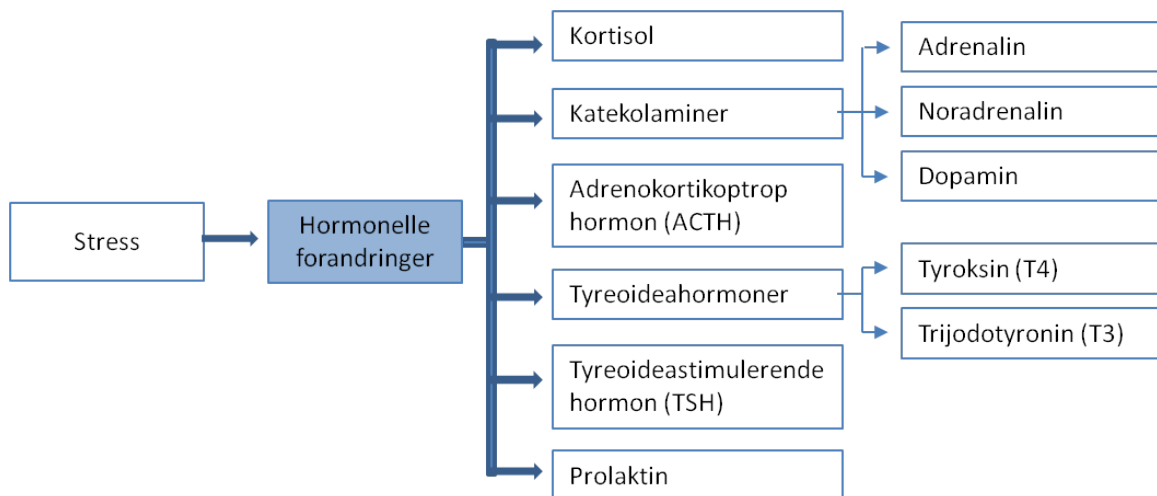
Figur 2.2 Menneskets biologiske klokke. Den biologiske klokken reagerer på veksling mellom lys og mørke. Illustrasjon ved FFI.

De viktigste markørene i studiet av menneskelige døgnrytmer er kortisolnivået i blodet, melatoninivået og kroppstemperaturen. Melatonin er kroppens søvnhormon og blir hovedsakelig produsert mens vi sover. Når vi er vågne eller blir påvirket av lys, minsker produksjonen. Melatonin brytes ned når lys treffer øynene, og utskillelsen stanser. Det er blant annet forsket på bruk av melatonin i operasjonell sammenheng for blant annet å raskere gjenopprette normalt søvnmønster etter utplassering over flere tidssoner. Melatonin er klassifisert som medisin [21].

2.2 Hormonelle reaksjoner

Hormoner har en viktig betydning i kroppens reguleringsystem for å opprettholde den indre likevekten. Alle hormonene som er nevnt her (og flere andre), er blitt undersøkt under tidligere stridskurs, både for å kartlegge den hormonelle effekten av døgnkontinuerlig langvarig fysisk og psykisk stress, samt hvilken betydning det kan ha for soldater som deltar i slike operasjoner. Betydelige forandringer er påvist for mange hormoner og stoffskifteprodukter (metabolitter) under tidligere stridskurs. Blant annet øker glukokortikoidene (der kortisol er det viktigste), mineralkortikoidene (der aldosteron er det viktigste) og katekolaminene (adrenalin, noradrenalin og dopamin), mens testikkelhormoner som testosteron faller.

2.2.1 Stresshormoner



Figur 2.3 *Hormonelle forandringer i kroppen i stressituasjoner. Alle disse hormonene vist i flyttdiagrammet med flere er undersøkt under tidligere stridskurs for å kartlegge forandringene i hormonnivå som følge av stridskurset. (Illustrasjon Teien 2013).*

Det er spesielt de to hormonene kortisol og adrenalin som er viktige ved stressituasjoner, og de blir derfor kalt stresshormoner. Når kroppen utsettes for påkjenninger, øker sekresjonen av kortisol (fra binyrebarken). Hovedbetydningen er kortisolets evne til å øke blodsukkeret. Kortisol har også en sterk antiinflammatorisk virkning. Den beskytter kroppen mot at betennelsesprosesser får et for voldsomt forløp.

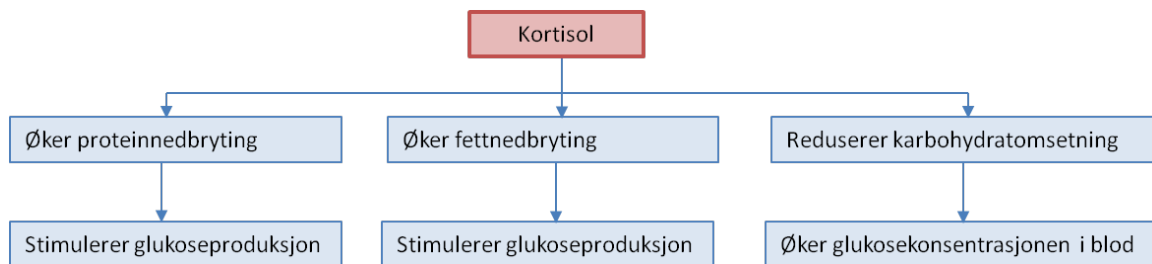
Sekresjonen av adrenalin fra binyremargen øker også som en reaksjon på stress og belastninger, og bidrar til økt blodsukker slik at musklene får mer næring. Kortisol og adrenalin er derfor viktige i kroppens beskyttelse mot påkjenninger, blant annet ved å sikre tilstrekkelig glukosetilførsel til hjernen.

Adrenalin er også med på å øke fettnedbrytingen (økt fetttsyrekonsentrasjon i blodet), hjertets kontraksjonsstyrke og årvåkenheten. Den viktigste oppgaven til adrenalin og de andre katekolaminene (noradrenalin, dopamin) er å forberede kroppen på belastende og kritiske

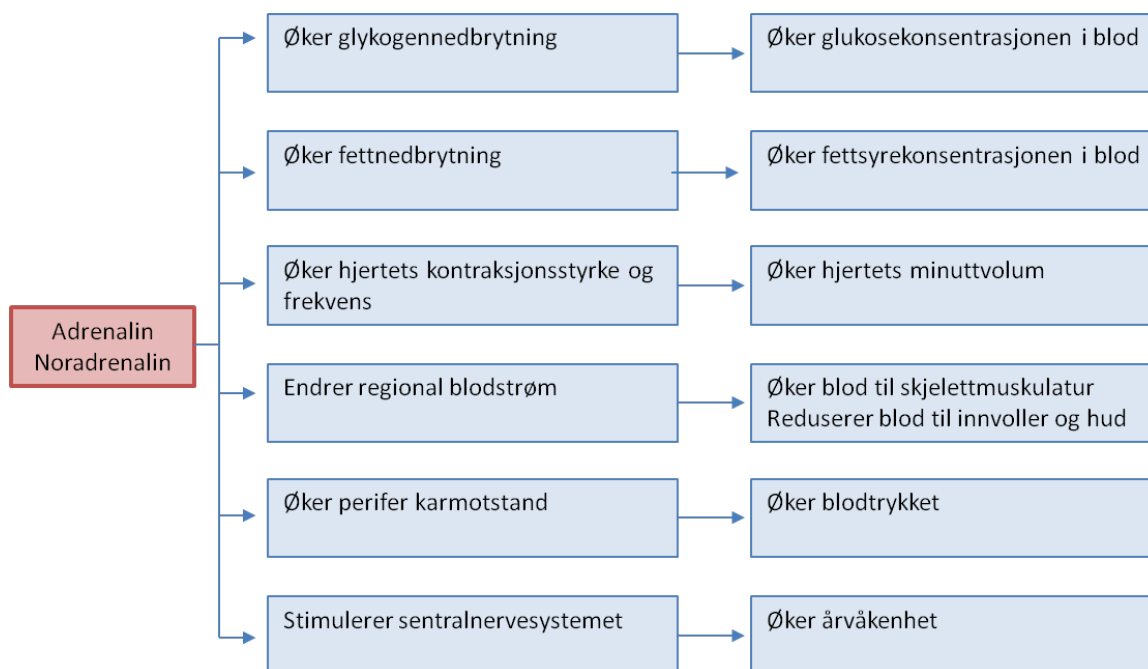
situasjoner. Virkningene til disse hormonene gjør at organismen kan mobilisere sine ressurser til å møte både fysiske og psykiske påkjenninger. Katekolaminene er ikke livsviktige.

I stressituasjoner øker også blodkonsentrasjonen av mange andre hormoner, deriblant prolaktin og hormoner fra skjoldbruskkjertelen (tyreoideahormoner), men hva disse betyr for å tåle påkjenninger, er ikke kartlagt [10].

Normalt varierer kortisolnivået med tidspunkt på døgnet. Konsentrasjonen øker tidlig etter søvn og synker utover kvelden, med de laveste verdiene ved midnatt. Det er nesten en faktor på ti i forskjell. Adrenokortikotropt hormon (ACTH) stimulerer til produksjon og frigjøring av kortisol. Den normale døgnsvingningen til kortisol forskyves når døgnrytmen endres [19;22], under stridskurset er døgnrytmen til kortisol helt utslettet [17]. Øktedalen et al. [23;24] påviste på åttitallet i tillegg til økning i kortisol og adrenalin en 2 til 6 ganger økning i hormonet sekretin, som de mente kunne være et nytt stresshormon som beskytter slimhinnene i tolvfingertarmen mot syreskader på grunn av økt volum og konsentrasjon av syre i tarminnholdet.



Figur 2.4 Virkninger av hormonet kortisol i kroppen. Kortisol er et av kroppens viktigste stresshormoner og øker når kroppen utsettes for påkjenninger. Kortisol stimulerer nedbrytningen av proteiner og fett slik at konsentrasjonen av aminosyrer og fettsyrer øker i blodet. (Flytdiagrammet er illustrert etter Figur 5.24, Menneskets fysiologi, [10]).

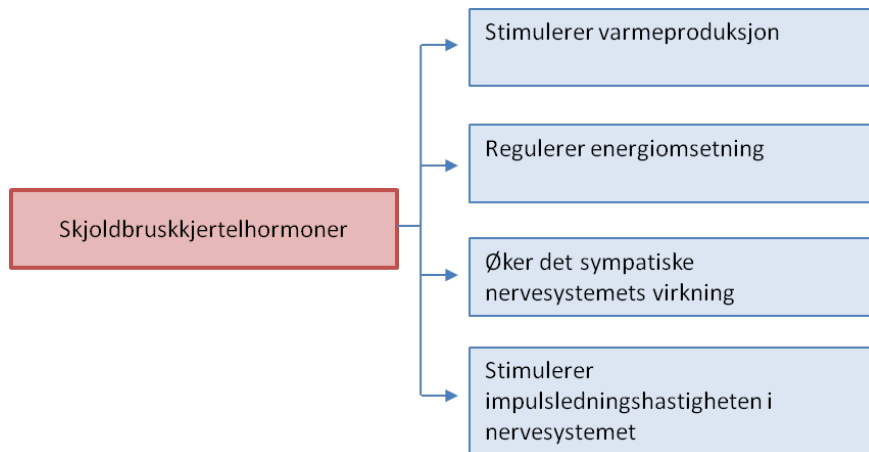


Figur 2.5 Virkninger av hormonene adrenalin og noradrenalin. Samlet begrep for disse hormonene inkludert hormonet dopamin er katekolaminer. Disse hormonene produseres av aminosyren tyrosin i cellene i binyremargen. 80 prosent av produksjonen er adrenalin og 20 prosent er noradrenalin, mens det kun produseres en liten mengde med dopamin. Katekolaminenes viktigste oppgave er å forberede kroppen på belastende og kritiske situasjoner. Under vanlige forhold er utskillelsen lav, men den økes raskt og kraftig via sympatiske nervefibre i binyremargen. (Flytdiagrammet er illustrert etter Figur 5.26 i fra "Menneskets fysiologi" [10]).

2.2.2 Skjoldbruskkjertelhormoner

Skjoldbruskkjertelen ligger på halsen like nedenfor strupehodet. Hormonene fra skjoldbruskkjertelen (tyreoideahormoner) deltar blant annet i reguleringen av kroppens varmeproduksjon slik at kroppstemperaturen ikke endres selv om temperaturen i omgivelsene varierer [10] (Figur 2.6). Oksygenopptaket og produksjonen av varme ved hvile og under aktivitet er følsom for små forandringer i funksjonen til skjoldbruskkjertelen [25]. Når kroppstemperaturen synker, øker produksjonen av skjoldbruskkjertelhormonene (tyroksin (T_4) og trijodtyronin (T_3)). Dette er en respons fra kroppen for å motvirke temperaturfallet, da disse hormonene øker stoffskiftet i flere organer. Flere av mekanismene bak dette er ennå ikke kjent. Et senter i hjernen styrer produksjonen av skjoldbruskkjertelhormonene med et annet hormon som kalles tyreoideastimulerende hormon (TSH). Skjoldbruskkjertelhormonene har stor betydning for flere typer yteevne, der lave nivåer svekker yteevnen [26]. F.eks. blir refleksene i nervesystemet langsommere slik at den fysiske yteevnen faller, samtidig som den intellektuelle virksomheten går tregere. Normalt er døgnrytmen til tyreoideahormonene veldig liten [9;10].

Flere studier av Opstad et al. har påvist at skjoldbruskkjertelhormonene er redusert under stridskurset og at skjoldbruskkjertelen er sterk påvirket. Skjoldbruskkjertelhormonene viser et bifasisk mønster under stridskurset med en økning det første døgnet og deretter en gradvis reduksjon [9].



Figur 2.6 Noen virkninger til skjoldbruskkjertelhormoner. Flydiagrammet er illustrert etter Figur 5.19 i fra "Menneskets fysiologi" med noen modifikasjoner [10].

2.2.3 Hormoner produsert i testiklene

Androgener er et fellesnavn på hormoner som produseres av celler i testiklene. De kalles også androgene steroider, hvorav testosteron er det viktigste. Testosteron øker blant annet skjelettmuskulaturen og er den viktigste årsaken til at menn har større muskler enn kvinner [10]. Androgene hormoner er ikke livsnødvendige, men de er viktige for seksuell adferd og funksjon, aggressiv oppførsel, proteinsyntese og muskelstyrke. Det er vist at nivået av androgene hormoner øker under korte fysiske aktiviteter, mens de reduseres under langvarige fysiske aktiviteter eller psykologisk stress under militære operasjoner [27].

Flere studier viser at de fleste androgene steroidene både fra testiklene og binyrene minker under stridskurset [27]. Det er vist at det er en merkbar reduksjon i serumnivået av blant annet prolaktin og testosteron. Under et stridskurs falt testosteron med omtrent 90 prosent [22]. Opstad rapporterer at forandringene ikke gikk tilbake med en høy kaloridiett, og at årsaken derfor hovedsakelig var den fysiske aktiviteten. Flere andre studier av Opstad viser reduksjon av testosteron og andre androgene hormoner på 60 til 80 prosent. Under studiene ble det også påvist redusert mengde av hypofysehormonene LH, FSH og ACTH på 50 til 80 prosent (FSH og LH stimulerer testosteron) [27]. Disse hormonene, og andre som er påvist økt eller redusert under stridskurset, gikk alle tilbake til normalt nivå etter 23 dager [22].

Den store reduksjonen i funksjonen til androgene hormoner under stridskurset er også vist ved en gradvis redusert skjeggvekst. Den totale skjeggveksten i løpet av 5 dager under stridskurset ble av kadettene evaluert til 1-2 dager med normal vekst [20]. Allerede på dag to var skjeggveksten redusert til 30-50 prosent av det normale, og seinere opphørte veksten omtrent fullstendig [27].

Opstad rapporterer at kadettene også viste andre symptomer på hypogonadisme¹, slik som mangel på initiativ og defensiv adferd, med lav og endret aggressivitet [27;28].

De to stresshormonene kortisol og adrenalin er viktige i kroppens beskyttelse mot påkjenninger/stress. Begge er påvist økt under stridskurset. Det er også påvist en reduksjon i tyreoidahormonene og androgene hormoner. Tyreoidahormoner er viktige i reguleringen av kroppstemperaturen og androgene hormoner er viktige for blant annet aggressiv oppførsel, proteinsyntese og muskelstyrke.

¹ Gonader er et annet ord for kjønnskjertler og hypogonadisme vil si at man har unormalt lite testosteron i blodet.

3 Hard fysisk aktivitet

3.1 Teoretisk innføring

God fysisk form er en av de grunnleggende forutsetningene for at soldatene skal kunne utføre sine oppgaver effektivt. Regelmessig trening er derfor inkludert i deres obligatoriske utdanningsprogram i hele verden [29]. Fysisk aktivitet gjør mer enn bare å øke forbrenningen i musklene [30]. Hard langvarig fysisk trening er assosiert med flere hormonelle og biokjemiske forandringer og som kan ha skadelige effekter på immunforsvaret og utsette idrettsutøvere for (særlig) luftveisinfeksjoner. Næringsmangel kan forverre den negative effekten. Det er mange andre faktorer som påvirker reduksjonen i immunforsvaret under trening, for eksempel fysisk og psykisk stress. Hard fysisk trening øker kroppens behov for de fleste næringsstoffer [31], og sammenhengen mellom kosthold og helse er kompleks [32].

3.1.1 Kroppens energilager

Sammenlignet med kroppens fettlager er karbohydratlageret i kroppen ganske begrenset. Derfor vil metabolismen raskt gå over til fettmetabolisme om karbohydrater ikke tilføres [33]. Kroppens reserver av karbohydrater er til sammen ca 400 til 500 gram glykogen, som er lagret i lever (70 g) og i muskulatur (400 g). Totalt utgjør karbohydratlagerene ca 2000 kcal, noe som kun vil holde til ett døgn med rolig energiforbruk, men er tømt i løpet av timer ved høy fysisk aktivitet. Normalt vil mange organer foretrekke å bruke fett ved lavt aktivitetsnivå. Når energiforbruket er stort i forhold til tilførselen, som under faste, må energiunderskuddet dekkes opp av lagrede reserver i kroppen, som går over i en katabol tilstand - det vil si en tilstand hvor musklene ikke har mer tilgang på energi og det er større nedbryting enn oppbygging av energilagre. Fettreservene i kroppen er relativt rikelige. De fleste har nok fett på kroppen til å dekke fettbehovet for ca 50 dager ved lav aktivitet og ca 10 til 20 dager ved høy aktivitet. Ifølge et eksempel gitt av Opstad, vil 15 prosent av kroppsvekten hos en person som veier 80 kg, være fett, det vil si ca 12 kg. Omtrent 8 kg av dette fettlageret kan brukes før det vil gå ut over fett som trengs i membraner, nerveskjeder med mer. Energiinnholdet i fett er ca 9 kcal per gram, det vil si at man har ca 100000 kcal i fettlagrene (veldig individuelt). I kroppen er det i tillegg ca 30 til 40 kg proteinrikt vev som kan omdannes til karbohydrater når glykogenlagrene er tomme [1;8]. Karbohydratbehovet må ikke reduseres under 100 gram per dag [9].

3.1.2 Energikilde ved aktivitet og muskelarbeid

I en hardt arbeidende muskel tømmes muskelcellenes glykogenlagre (karbohydratlagre) i løpet av 1-2 timer. Etter dette er muskelen avhengig av tilførsel av fettsyrer og glukose, og musklene må gradvis redusere sin energiomsetnings hastighet (aktivitet). Ved langvarig arbeid er fettsyrer det viktigste drivstoffet for musklene [10], og tilgangen sikres ved økt nedbryting av kroppens fettlagre. Etter aktivitet ser man derfor at konsentrasjonen av fettsyrer i blodet øker. Når aktiviteten avsluttes, brukes dette til å bygge nye fettlagre. Under optimale forhold går 25 prosent av musklens totale energiomsetning til selve muskelarbeidet. I perioder med stor muskelaktivitet avtar den maksimale sammentrekningskraften etter hvert, noe som kalles muskeltretthet.

Muskeltrettheten kan også ha psykiske årsaker, og det er vanskelig å opprettholde motivasjonen ved langvarig, hardt fysisk arbeid. Det psykiske bidraget til muskeltretthet varierer mye fra person til person [10].

3.1.2.1 Fettforbrenning og produksjon av blodsukker

Bruken av fett som energikilde avhenger av aktivitetsnivået og tilgjengeligheten på karbohydrater. Fett lagres i kroppen som triglyserider i fettceller. I tillegg er en liten del lagret i muskelcellene, og noe sirkulerer i blodet bundet til albumin. Halvparten av fettvevet finnes under huden (subkutant fettvev) og rundt organene i bukhulen. Det høye energiinnholdet gjør fettvev til det viktigste energilageret i alle situasjoner med forlenget energiunderskudd hvor kroppens karbohydratlagre progressivt tømmes og fett blir hovedenergikilde. Likevel trengs det alltid litt karbohydrater for å holde den aerobe produksjonen i gang. Som en følge av dette vil kroppen begynne å produsere glukose fra andre substanser enn karbohydrater (glukoneogenese) når det er mangel på glukose. Under aktivitet er det flere nerve-, metabolske- og hormonelle stimuli som fører til en økt fettforbrenning og fettmobilisering. Mengden frie fettsyrer inne i muskelcellene faller dermed, noe som igjen stimulerer til økt opptak fra blodet. En økt blodstrøm til musklene er første steget i leveringen av frie fettsyrer til muskelcellene. Denne prosessen med transport av frie fettsyrer, opptak og mobilisering er stimulert av stresshormonene adrenalin og noradrenalin. Disse stresshormonene øker under aktivitet og stimulerer nedbrytingen av fett lagret i kroppens fettceller (lipolysen) ved reduksjon av sirkulerende insulin og økende aktivitet av sentralnervesystemet. I motsetning til energiproduksjon fra karbohydrater tar energiproduksjon fra fett lengre tid, og prosessen er kompleks. Det tar 20 minutter før en oppnår et stabilt tilpasset nivå. Dette er årsaken til at utnyttelsen av karbohydrat kompenserer for energimangel i starten av en trening. Frie fettsyrer fra fettvev vil være tilgjengelig i veldig lang tid når prosessen først er aktivert og kommet på et stabilt nivå. Fettmobiliseringen kommer som nevnt langsomt inn etter intenst arbeid, og varigheten på aktiviteten vil avgjøre hvilken energikilde som blir brukt. Aktiviteten til enzymet som spalter triglyserider til frie fettsyrer og glyserol (lipase) øker ved trening. Fettsyrer frigitt fra triglyserider i fettvev kommer ut i sirkulasjonen og transporteres med albumin til muskelcellene. Sammen med triglyserider lagret i musklene bidrar disse merkbart til energiproduksjonen under aktivitet.

Leveren er ”sukkerprodusent” og kan danne blodsukker fra alle våre næringsstoffer ved en prosess kalt glukoneogenese. Glyserol omsettes ved denne prosessen til sukker i lever. Ved moderat aktivitet leveres energien omtrent i like mengder fra karbohydrater og fett. Når aktiviteten fortsetter i en time eller mer, og lageret med karbohydrater tømmes, er det en gradvis økning i mengden fett som utnyttes til energi. Under forlenget aktivitet dekker fett, særlig frie fettsyrer, nesten 80 prosent av det totale energibehovet. Under aktivitet vil flere nerve-, metabolske og hormonelle stimuli som nevnt føre til økende hastighet av fettforbrenning og fettmobilisering. En får et lite fall i blodsukker og medfølgende fall i insulin og økning i glykagontilførsel til bukspyttkjertelen. Dette reduserer glukosemetabolismen og stimulerer igjen frigivelsen og nedbrytingen av fett for energiproduksjon. Trente har mindre fettvev enn utrente, men de har større muskelfettnivå. Dette lageret representerer bare en brøkdel av det totale fettlageret, men under utholdenhetsidrett betyr dette økt tilgjengelig substrat [34].

3.1.3 Fall i blodsukker og motmekanismehormoner

Hard fysisk aktivitet kan medføre at blodsukkernivået faller, (se avsnitt 5.1.1 side 44 for regulering av blodsukkeret). Motmekanismehormoner i kroppen for å hindre et fall i blodsukkeret er blant annet glukagon, adrenalin, noradrenalin, veksthormon og kortisol [9]. Under vanlige fysiologiske forhold har hormonene veksthormon og kortisol liten betydning, men under situasjoner hvor produksjonen er økt, har de virkning på glukoseomsetningen. Kortisol og veksthormon (HGH) motvirker insulin (antiinsulin virkning) og kan i situasjoner hvor de produseres i overskudd, utløse sukkersyke. Kortisol er som nevnt, en av kroppens viktigste stresshormoner, og konsentrasjonen øker når kroppen utsettes for påkjenninger (se også avsnitt 2.2.1 side 19). Hovedbetydningen i slike situasjoner er kortisolets evne til å øke glukosekonsentrasjonen i blodet [10]. Produksjonen av katekolaminer (adrenalin, noradrenalin og dopamin) er økt under stridskurset.

3.1.4 Konsekvensene ved langvarig fysisk aktivitet

Regelmessig og moderat fysisk trening er kjent for å øke motstandsdyktigheten (resistensen) mot infeksjoner [35-37], mens langvarig kraftig fysisk aktivitet eller intense treningsøkter kan føre til at immunforsvaret forbigående blir svekket. Sykdommer som følge av intens trening kan variere fra vedvarende forkjølelse, sår hals og influensalignende sykdom til utmattelsessyndrom etter virusinfeksjon. Det er imidlertid store individuelle variasjoner. Noen utøvere kan tåle hard fysisk trening uten problemer, mens andre er veldig utsatt for forkjølelse og infeksjoner. Mekanismene bak dette er bare delvis kjent [37]. Bøyum et al. rapporterte at selv moderat trening kan medføre signifikant undertrykkelse av flere parametre i immunforsvaret om den utføres døgnet rundt. Dette samsvarer med Nielsens et al. [36] rapportering om at tidligere observasjoner inkludert stridskurset har vist at fysisk aktivitet fører til økt inflammasjonsrespons. Svekkelsen er ifølge Gundersen et al. [38] mest uttalt 1-3 timer etter avsluttet aktivitet, men enkelte variabler kan være påvirket opptil 72 timer. Utfallet er avhengig av både lengde og intensitet på aktiviteten. Denne perioden etter fysisk aktivitet hvor en er mest utsatt for å pådra seg infeksjoner, er beskrevet i "åpent-vindu" hypotesen [38].

Konsekvenser i kjølevannet av for store treningsmengder er derfor fare for både overtrening og økt infeksjonsrisiko. Dette kan ha stor betydning for militære avdelinger [15], og militært personell ser ut til å være spesielt utsatt [3;36]. Mer informasjon om overtrening og immunforsvaret er gitt i kapittel 7 på side 71 til 79.

Intens fysisk aktivitet er også ofte forbundet med forbigående endringer i kroppstemperaturen på grunn av stor produksjon av varme. I tillegg avgjør vær og vind, samt dagsform og kondisjon, om organismen greier å opprettholde normal kroppstemperatur. Ifølge Gundersen et al. [38] har kondisjonen innvirkning fordi den fysiske formen er avgjørende for effektiviteten til de medfødte refleksene som sørger for å kvitte seg med overskuddsvarmen produsert ved muskelaktivitet. Moderat økning av kroppstemperaturen forekommer hyppig for eksempel i utholdenhetsidretter hvor det ofte er en stigning i kroppstemperatur på mer enn 2 °C. Varmetapet kan først og fremst økes ved å fordele en større del av blodstrømmen til huden, helst uten at dette går på bekostning av blodstrømmen til musklene (se kapittel 6 side 58).

Dette avhenger av hjertes evne til å øke pumpekapasiteten, en sentral komponent i det som kalles "fysisk form". Det er påvist at en kroppstemperatur utenfor normalområdet på 37 °C blant annet hemmer funksjonen til sirkulerende hvite blodlegemer, noe som kan være en medvirkende årsak til den økte infeksjonsrisikoen som er observert etter langvarig fysisk arbeid [38].

Energiproduksjonen i kroppen fører til at det dannes frie radikaler, noe som øker ved hard fysisk trening. Dette er ustabile og reaktive forbindelser som kan skade cellene [39] og cellenes arvestoff (DNA) [40]. Antioksidantene² inngår i kroppens forsvarssystem mot frie radikaler. Flere studier har vist at trente personer har økte nivåer av antioksidantforbindelser og -enzymmer i blodet. Det samme viser analyser gjort på muskelbiopsier [39].

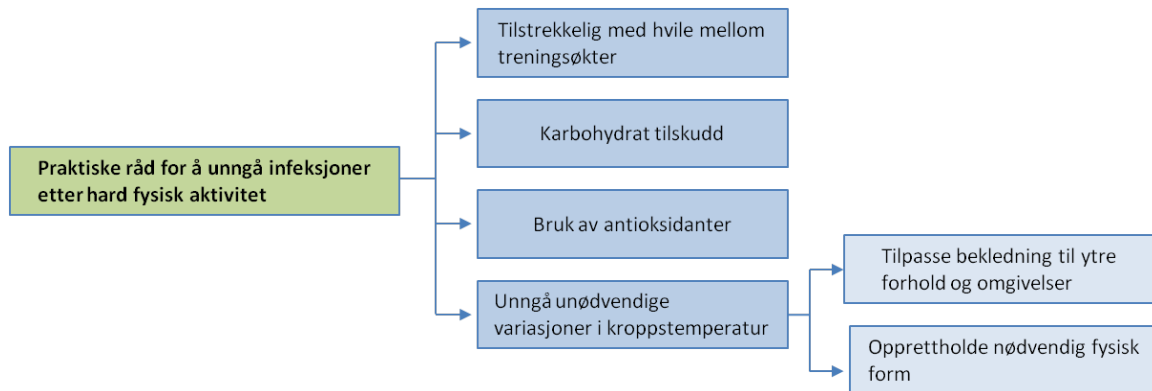
Hos idrettsutøvere er oksidativt stress ifølge Nielsen et al. [36] assosiert med redusert fysisk ytelse, utmattelse av muskler, skade på muskler og overtrening. Praktiske råd for å unngå infeksjoner etter store fysiske anstrengelser er for eksempel tilstrekkelig hvile mellom øktene, karbohydrattilskudd og bruk av antioksidanter (for eksempel vitamin C, vitamin E, forskjellige karotenoider (beta-karoten), glutathion, ubikinon (Q10), urinsyre og bilirubin). (Ønskes mer detaljert informasjon om anbefalt tilsatt mengde antioksidanter, kofaktorer i antioksidanter og andre bioaktivatorer som burde tilføres i maten for å øke ytelsen under militære øvelser/oppdrag, henvises det til boken "Nutrient Composition of Rations for Short-term, High-intensity combat operations" [11]). En av årsakene til at det anbefales bruk av antioksidanter, er at kroppstemperatur utenfor normalområdet fører til at balansen mellom oksidanter³ og antioksidanter i plasma blir forstyrret [38] og at kroppen ikke har tilstrekkelig antioksidanter for å hindre oksidativt stress, som er induert av fysisk aktivitet [36]. Ifølge Gundersen burde en derfor inkludere tiltak for å hindre unødvendige variasjoner i kroppstemperaturen. Han forslår tiltak som å tilpasse bekledningen til ytre forhold og aktivitetsnivå, opprettholde nødvendig fysisk form med mer [38] (Figur 3.1).

Strømme [40] mener imidlertid at man skal være forsiktig med tilføring av antioksidanter i form av piller og preparater hos idrettsutøvere, og at den sikreste måten er tilførsel gjennom kosten. "Skaff deg antioksidanter i balansert form gjennom mat, ikke preparat" [41]. Mange av stoffene det er snakk om, kan nemlig virke mot sin hensikt. Antistoffene omfatter en mengde stoffer som finnes i naturlig form i forskjellig mat og drikke, spesielt i frukt, grønnsaker og kornprodukter. Ifølge Strømme [40] er det et "fysiologisk pokerspill å dytte i seg den ene eller andre

² Antioksidanter er spesielle molekyler som finnes i mange frukter og grønnsaker og som beskytter andre molekyler i kroppen fra skade. Antioksidantene utgjør vårt naturlige forsvar mot de såkalte frie radikaler og andre reaktive oksygenforbindelser. Deres viktigste jobb er å stoppe ustabile molekyler som oksidanter fra å binde seg til normale molekyler. Antioksidanter er viktig for helsen, og mangel på antioksidantbeskyttelse kan føre til sykdommer på grunn av skade på alle cellekomponenter, inklusive proteiner, lipider og DNA {Gundersen, 2007 140 /id}.

³ Oksidanter – frie oksygen radikaler (ROS - "reactive oxygen species") er små molekyler som svært reaktive på grunn av uparrede elektroner i ytre skall. De blir produsert som et naturlig biprodukt av oksygenmetabolismen og blir normalt nøye kontrollert av en rekke enzymer og antioksidanter. Produksjonen kan øke dramatisk i situasjoner med økt cellulært stress. Disse molekylene spiller også en viktig rolle i immunforsvaret hvor de blir brukt til å uskadeliggjøre mikroorganismer {Gundersen, 2007 140 /id}.

antioksidanten, når det trolig er samspill mellom hundrevis - kanskje tusenvis av stoffer som er avgjørende for effektivt antioksidantforsvar”.



Figur 3.1 Praktiske råd gitt i litteraturen (Gundersen et al.[38] for å unngå infeksjoner etter lang varig hard fysisk aktivitet eller intense treningsøkter er blant annet tilstrekkelig hvile mellom treningsøktene, karbohydrattilskudd, bruk av antioksidanter og unngå unødvendige variasjoner i kroppstemperatur. (Illustrasjon Teien 2013).

I tillegg til hard langvarig fysisk aktivitet kan også alvorlig energimangel og søvnmangel påvirkning på immunfunksjonen [36]. Et balansert immunforsvar er kritisk for å hindre infeksjoner og fremme reparasjonen av skadet vev [2].

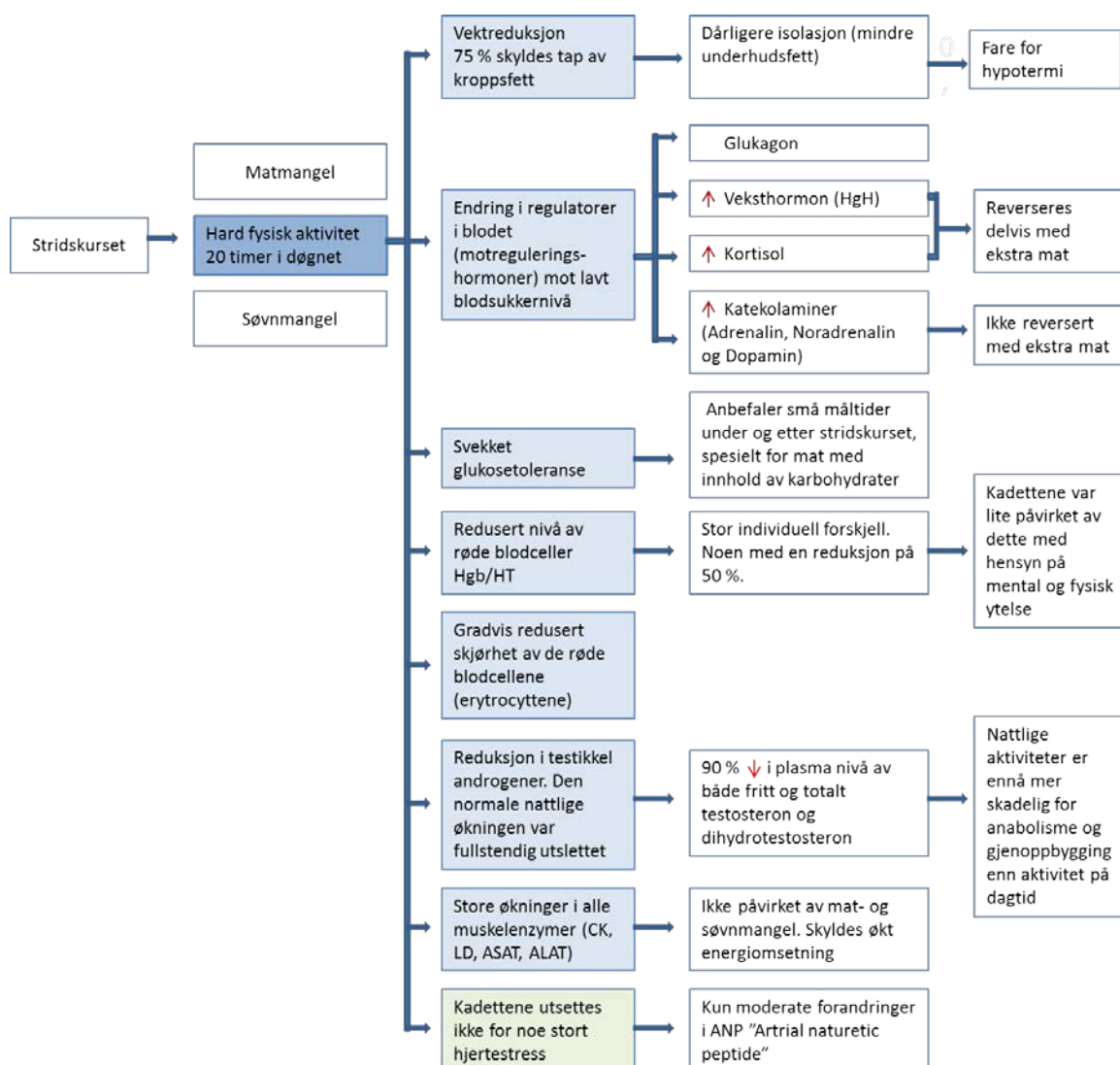
Hard langvarig fysisk trening er assosiert med flere hormonelle og biokjemiske forandringer og forbigående endringer i kroppstemperatur, der mange av dem kan ha uheldige effekter på immunforsvaret og utsette idrettsutøvere og soldater for blant annet luftveisinfeksjoner. Videre kan ernæringsmangel forverre den negative effekten som hard fysisk trening har på immunsystemet. Det er imidlertid store individuelle variasjoner. Noen tøvere kan tåle hard fysisk trening uten problemer, mens andre er veldig utsatt for forkjølelse og infeksjoner. Svekkelsen er ifølge Gundersen et al. [38] mest uttalt 1-3 timer etter avsluttet aktivitet, men enkelte variabler kan være påvirket opptil 72 timer. Utfallet er avhengig av både lengde og intensitet på aktiviteten. Kondisjonen har stor innvirkning på hvor effektivt en person klarer å kvitte seg med overskuddsvarme som følge av fysisk aktivitet. Dette skyldes at den fysiske formen er avgjørende for effektiviteten til de medfødte refleksene som styrer varmereguleringen. Konsekvenser i kjølevannet av for store treningsmengder er fare for både overtrening og økt infeksjonsrisiko, noe som kan ha stor betydning for militære avdelinger.

Insulin og glukagon er de to viktigste hormonene i reguleringen av blodsukkeret i kroppen. Cellene i kroppen bruker glukose som energikilde til ulike funksjoner. Glukose er både hjerne- og nervecellesubstrat nummer en. Hard fysisk aktivitet kan medføre at blodsukkernivået faller.

Ved langvarig arbeid er fettsyrer det viktigste drivstoffet for musklene. Tilgangen på fettsyrer sikres ved økt nedbryting av kroppens fettlagre.

Energiproduksjonen i kroppen fører til at frie radikaler blir dannet, noe som øker ved hard fysisk trening. Hos idrettsutøvere er oksidativt stress ifølge Nielsen et al. [36] assosiert med redusert fysisk ytelse, utmattelse av muskler, skade på muskler og overtrening. Praktiske råd for å unngå infeksjoner som er en følge av anstrengelser, er for eksempel tilstrekkelig hvile mellom øktene, karbohydrattilskudd og bruk av antioksidanter. En skal være forsiktig med tilføring av antioksidanter i form av piller [21;40].

3.2 Observasjoner under stridskurset



Figur 3.2 Konsekvensen av hard fysisk aktivitet under stridskurset. Observasjonene i diagrammet er hentet fra diverse artikler referert til i dette kapittelet. (Illustrasjon Teien 2013).

3.2.1 Kontinuerlig lekkasje av ROS – oksygenradikaler under stridskurset

Under tidligere stridskurs er blant annet nivået av frie oksygen radikaler (ROS) og total status av antioksidanter målt [36]. Det ble vist at totalt antioksidantnivå i kroppen var økt under hele stridskurset med høyeste nivå på dag 4. Etter endt stridskurs falt totalt antioksidantnivå tilbake til grunnivået, for så å bli redusert til under grunnivået (78 prosent). ROS i de hvite blodcellene sank gradvis under hele stridskurset på grunn av lekkasje ut av cellene. Produksjonen av O_2^- , som er en av de viktigste kildene til ROS, er produsert av hvite blodceller (makrofager og nøytrofile) for primært å ødelegge invaderende mikroorganismer. Normalt er dette en prosess som er fordelaktig, men utilsiktet frigivelse av ROS utenfor cellene kan starte en betennelsesreaksjon i det omkringliggende vevet. Nielsen et al. [38] rapporterer at produksjonen av O_2^- er økt ved flere sykdommer. Etter stridskurset er det vist at de hvite blodcellenes evne til å respondere på ROS-

syntese i en standard in vitro (utenfor kroppen, “på labben”-analyse) stimulering var hindret med 40 til 60 prosent. En kontinuerlig lekkasje av ROS under stridskurset kan ha ført til negative effekter slik som muskelutmattelse. Det ble vist at ROS-genereringskapasiteten var tilbake til grunnivået eller ennå høyere etter 3 dager med hvile [36].

3.2.2 Stridskurset representerer en tilstand med ekstrem nedbryting av energilagre

Under trening og etter omtrent tre timer uten mat er kroppen i en katabol tilstand – det vil si en tilstand hvor musklene ikke har mer tilgang på energi, og det er større nedbryting enn oppbygging av energilagrene. Energiproduksjonen dominerer over vevsreparasjon og produksjon av proteiner. Muskelvev/proteiner brytes ned til aminosyrer, og fettvev brytes ned til fettsyrer. Under hvile eller i gjenoppbygningsfasen øker mengden vevsproteiner og funksjon, muskelstørrelse og styrke. Oppbygningsfasen stimuleres av forskjellige anabole hormoner slik som binyre- og testikkel-androgener (mannlige kjønnshormoner), veksthormon og insulin. Disse hormonene har en døgnrytme som er sterkt økt ved nattestid, en periode hvor kroppen normalt er i hvile. Økningen av disse hormonene stimuleres også av søvn og mat. For å få mest mulig ut av treningen er det viktig med hyppige, regelmessige og store nok perioder med hvile, og man må ta hensyn til påvirkninger av døgnrytme og søvn [9]. Opstad rapporterer at stridskurset representerer en tilstand med ekstrem nedbryting (ekstremt katabol tilstand). Dette er en av årsakene til at kadettene mekaniske yteevne var redusert fra normalt 24,6 % til 20,9 % etter 4-5 dager med hardt kontinuerlig stress. Samme mekanismer som overtrening hos eliteutøvere kan gjøre seg gjeldende. Overtrening er definert som ufullstendig gjenoppbygning og hvile etter trening, noe som forårsaker en reduksjon i den fysiske yteevnen (se også avsnitt 7, side 71). Det er vist at hormonelle og metabolske profiler som er funnet hos kadettene under stridskurset, er de samme som for overtrente eliteutøvere [9]. Under stridskurset er det økt behov for fettforbrenning på grunn av sult og/eller hard fysisk aktivitet. Det er funnet at nedbrytingen av fettlagrene i kroppens fettceller (lipolysen) øker sterkt under kurset [9;33]. Energikilden i de arbeidende musklene under stridskurset er hovedsakelig frie fettsyrer (FFA) og til en viss grad ketonlegemer⁴. Tilnærmet 75 prosent av den målte reduksjonen i kroppsvekt er vist å komme fra redusert kropps fett. Det er funnet en trefoldig økning i frie fettsyrer, ketonlegemer (beta-hydroksybutyrat) og glyserol under stridskurset [33]. Individuelle resultater for frie fettsyrer og fritt glyserol i plasma er vist i Tabell 3.1.

⁴ Ketonlegemer som hydrokysbutyrat og aceton, dannes i lever under oksidasjon av fettsyrer og de utnyttes som energikilde i muskel og andre organ.

Tabell 3.1 Individuelle verdier for frie fettsyrer (FFA) og glyserol målt i plasma før stridskurset og etter gjennomført stridskurs, dag 5. Verdiene til FFA er målt like før sykkelbelastningstesten og maksimum glyserol verdiene ble nådd etter 5 minutter med aktivitet. (Blodprøven for FFA ble tatt like før sykkeltesten, mens blodprøven for glyserol ble tatt etter 5 min sykling). Resultatene er hentet i fra tabell 2, Rognum et al. 1982 [33]. Teksten i tabellen er oversatt av Teien 2013.

Person nr	Før sykkelbelastningstest plasma FFA (mmol/liter)		Maksimumsverdien til fritt plasma glyserol (mmol/liter)	
	Kontroll	Dag 5	Kontroll	Dag 5
1	0,44	1,16	0,066	0,225
2	0,30	1,02	0,076	0,276
3	0,33	1,26	0,054	0,324
4	0,38	1,64	0,068	0,409
5	0,37	1,56	0,062	0,452
6	0,68	1,59	0,094	0,418
7	0,54	1,16	0,068	0,214
8	0,53	1,34	0,073	0,69
9	-	-	-	-
10	0,46	1,28	0,204	0,313
11	0,28	1,26	0,082	0,270

Det er observert en svekket glukosetoleranse under stridskurset, noe som hovedsakelig skyldes fysisk belastning (resultatene viste at ekstra søvn og mat ikke reverserte den hemmede glukosetoleransen). Den praktiske konsekvensen av dette er at kadettene under eller etter stridskurset anbefales å spise små måltider, spesielt med innhold av karbohydrater [9].

3.2.3 Reduksjon i hemoglobin (Hgb) og antall røde blodceller

Ved fysisk aktivitet er det påvist at en får økt destruksjon av de røde blodcellene, og at en har et fall i hemoglobin (Hgb) over tid. Hemoglobin er det som gir blodet den røde fargen. Det utgjør ca 95 % av de røde blodcellene og er dominerende for transportkapasiteten av oksygen i blodet. Årsaker til blodmangel (anemi) kan være en fortyningseffekt på grunn av trening (sportsanemi/pseudoanemi), økt destruksjon av røde blodceller eller redusert syntese som følge av reduserte jernlagre. Det siste kan blant annet skyldes mangelfull ernæring. Levetiden til de røde blodcellene er redusert hos de som trener mye. Normal levetid er 80-120 dager, men er nede i 80 dager hos de som trener mye. Hemoglobinkonsentrasjonen er kjent for å være lav hos enkelte som driver utholdenhetstrening, noe som mer skyldes økt plasmavolum. Den sirkulerende mengden hemoglobin trenger således ikke å være redusert [42].

Det er observert en nedsatt konsentrasjon av hemoglobin i de røde blodcellene i blodet hos kadettene. Enkelte kadetter hadde en reduksjon på 50 % i forhold til nivået før stridskurset [9]. Hemoglobin og nivået av røde blodceller viste en reduksjon allerede på dag 1 [37].

Til tross for dette var selv de med veldig lave konsentrasjoner lite påvirket med hensyn på mental og fysisk ytelse. Dette skyldes mest sannsynlig at det er de mekanisk dårlige blodcellene, det vil si de med lavest evne til å transportere oksygen, som rammes først [9;37].

Bøyum et al. rapporterte at den observerte reduksjonen av hematokrit, hemoglobin og røde blodceller under stridskurset kan være et resultat av fysisk aktivitet, i stedet for en følge av søvn- og energimangel [36;37]. Lindemann et al. [43] rapportere allerede på slutten av syttitallet at fallet i hemoglobin og hematokrit mest sannsynlig skyldtes langvarig hard aktivitet. Han henviste til at studier utført både i og utenfor kroppen har vist at stresshormonet adrenalin øker både osmotisk og mekanisk skjørhet hos de røde blodcellene. De påviste økt adrenalin på omtrent 300 prosent under stridskurset, noe som indikerer at de røde blodcellene er mer utsatt.

3.2.4 Konstant økt hjertefrekvens

I tillegg til de dramatiske forandringene i hormonbalansen har kadettene en konstant økt hjertefrekvens under stridskurset [44]. Opstad et al. [44] undersøkte derfor om kadettene ble utsatt for hjertestress og arbeidsoverbelastning. Dette gjorde de ved å se på om det var noen økning i "atrial natriuretic peptide" (ANP), et peptid som er funnet å stige proporsjonalt med treningsintensiteten. Det er også kjent at ANP stimulerer dannelsen av glukose i lever og er økt hos personer med diabetes. I tillegg påvirkes ANP av økte mengder adrenalin og noradrenalin. Opstad rapporterer at det under tilsvarende kurs som stridskurset er kjent at glukosekonsentrasjonene i blodet er vist å synke, og at produksjonen av glukose i lever øker. Overraskende viste studien under stridskurset kun en marginal økning av ANP, til tross for økte katekolaminverdier. Dette viser ifølge Opstad at kadettene ikke ble utsatt for noe stort hjertestress under stridskurset [44].

Resultater fra studier på stridskurset:

Stridskurset representerer en ekstremt katabol tilstand for kadettene, det vil si at kroppen er i en tilstand hvor musklene ikke har mer tilgang på energi og det er større nedbryting enn oppbygging av energilagrene. Dette er hovedårsaken til kadettene vektreduksjon [9].

Opstad rapporterer at serum kolesterol, triglyserider og lipoproteiner reduseres under stridskurset, og at verdiene er upåvirket av mat og ekstra søvn. Derimot er det funnet en tre ganger økning i frie fettsyrer (FFA), ketonlegemer (beta-hydroksybutyrat) og glyserol [9;33]. Dette understøtter at fett er viktig som brensel/energi ved muskellarbeid. (Se avsnitt 3.1.1 side 24 for fettforbrenning under aktivitet).

Studier utført på fettceller tatt fra flere steder og utført utenfor kroppen, viser at adrenalin kun induserer nedbrytingen av fett i fettceller fra buken og ikke fra fettceller i låret [33].

Det er påvist store økninger i alle muskelenzymene, noe som skyldes den fysiske aktiviteten og ikke mat- og/eller søvmangel. Analyser har ifølge Opstad vist at omtrent all økning i plasmaenzymer kommer fra tverrstripet muskulatur. Disse enzymene øker også under sportskonkurranser og vanlig trening. Opstad mener at disse økningene ikke kan skyldes skade på muskelvevet eller nekrose eller overtrening, men at årsaken heller er økt energiomsetning, og at disse enzymene har en begrenset levetid som ytterligere reduseres ved økt energiomsetning. Urente har større økning i disse muskelenzymene enn trente personer.

Det er observert en svekket glukosetoleranse hos kadettene under stridskurset. Kadettene anbefales derfor å spise små måltider spesielt med innhold av karbohydrater både under stridskurset og i restitusjonsfasen [9].

En kontinuerlig lekkasje av ROS (frie oksygenradikaler) kan ha ført til negative effekter slik som muskelutmattelse [36].

Det er observert en nedsatt konsentrasjon av hemoglobin hos kadettene. Hemoglobin gir blodet den røde fargen og utgjør ca 95 % av de røde blodcellene og er avgjørende for transporten av oksygen i blodet. Enkelte kadetter hadde en reduksjon på 50 % i forhold til nivået før stridskurset. Til tross for dette ble det ikke påvist noen ytterligere reduksjon i mental og fysisk ytelse. Dette skyldes mest sannsynlig at det er de mekanisk dårlige blodcellene, det vil si de med lavest evne til å transportere oksygen som rammes først [9;37].

Til tross for at kadettene hadde en konstant økt hjerterefrekvens under stridskurset, viser studiene at de ikke ble utsatt for noe stort hjertestress [44].

4 Søvnmangel

4.1 Teoretisk innføring

Søvnmangel er en tilstand hvor man ikke får nok søvn, og refereres til søvn med kortere varighet enn det gjennomsnittlige søvngrunnbehovet på sju til åtte timer per natt. Tilstrekkelig lengde og kvalitet på søvnen er viktig for en normal funksjon av nervesystemet. Søvnmangel har stor effekt på menneskets helse og påvirker sentralnervesystemet i negativ retning. Palma et al. rapporterer at forlenget/vedvarende søvnmangel har uheldige konsekvenser for produktiviteten på arbeidsplassen, den offentlige sikkerheten, personlig velvære, ytelse, aktsomhet, humør, stemningsleie (depresjon), konsentrasjonsevne og hukommelse. Med de store forandringene som har forekommet i det vestlige søvnmønsteret i løpet av det siste århundre, vil det komme en økning med mennesker som lider av kronisk søvnmangel [45]. Dette vil få stor betydning for enkeltmenneskets velvære og også få konsekvenser for samfunnet med en mulig økning av nevrologiske sykdommer. Søvnmangel kan påvirke funksjonen til immunsystemet ved å forstyrre normal søvn/våken syklus og ved å forårsake en stressrelatert forandring i sekresjonen av katekolaminer (adrenalin, noradrenalin og dopamin) og stresshormonet kortisol [3;36].



Figur 4.1 Krigsskolens stridskurs. Foto Forsvaret/Torgeir Haugaard 1999.

På tross av stor forskningsinnsats de siste årene er det ikke klart hvorfor vi trenger søvn [46], men det er heller ingen tvil om at individet er avhengig av søvn for å fungere optimalt [10].

Søvnbehovet varierer med alderen, og det er store individuelle forskjeller. Det er rapportert tilfeller som har greid seg med 1-2 timer søvn per natt, mens andre kan trenge 10-12 timer for å være tilstrekkelig uthvilt. Det er til en viss grad mulig å redusere søvnbehovet ved tilvenning, og de aller fleste vil kunne kutte søvntiden med 1-3 timer i døgnet uten å få symptomer på søvnmangel. Men hos mennesket er søvnsentrene i hjernen så sterke at det i det lange løp er vanskelig å hindre noen i å sove. Kvaliteten på søvnen har også betydning for hvor lenge man trenger å sove [10;46].

4.2 Søvn- og våkenmønsteret

Døgnrytmen kan forandres dersom søvn/våken-mønsteret endres. Normalt tar det omtrent en uke å tilpasse den hormonelle døgnvariasjonen til slike endringer. I perioder med søvnmangel føler man seg mindre opplagt og arbeider dårligere [10].

Ifølge Opstad [46] kan en ikke ta igjen den tapte søvntiden etter langvarig søvnmangel.

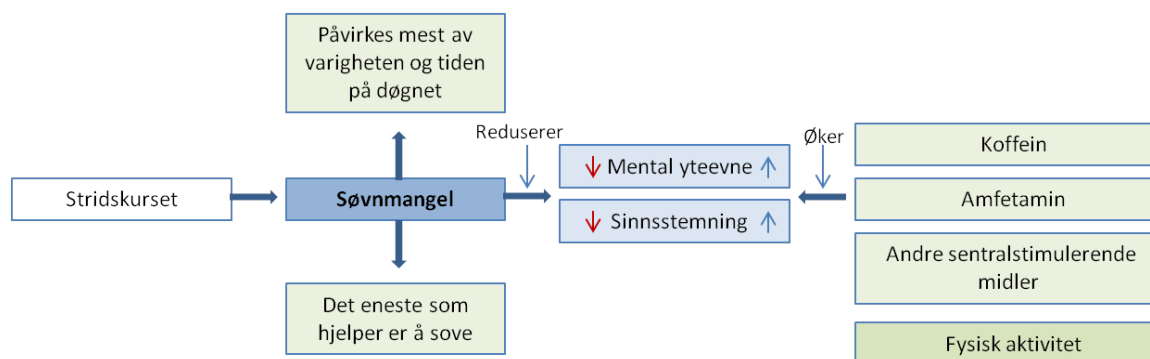
Det er vist at det tar omtrent en uke å komme tilbake til normalt søvnmønster etter gjennomføring av stridskurset. Men enkelte deltagerne kan ha ulike symptomer som varer i flere uker og kanskje måneder. De har derfor fått forbud mot å kjøre bil umiddelbart etter kurset og utvise forsiktighet i de påfølgende ukene, spesielt kjøring nattestid. Det er påvist at kadettene ikke greier å sove sammenhengende mer enn ti til tolv timer etter kurset, uansett hvor trøtte de er. Dette varer i omtrent en uke, der kadettene vanligvis øker søvntiden med en del småsoving i løpet av dagen. Opstad rapporterer også at de som har best toleranse for søvnmangel, er de som sover mellom sju til åtte timer normalt. Man ser ofte avvik i søvnmønsteret til dem som sover mer eller mindre enn dette, noe som reduserer toleransen for søvnmangel [46].

Waldum et al. [6] observerte allerede under stridskurset i 1973 at trettheten hos kadettene viste markante svingninger og var mest tydelig fra midnatt frem til klokken tre på natten. Det ble påvist svingninger i utskillelsen av katekolaminer (adrenalin og noradrenalin) i urin, noe som også var påvist tidligere. Det er en sammenheng mellom tretthet og katekolaminutskillelse.

Katekolaminutskillelsen under stridskurset var mangedoblet i forhold til hvileverdiene. Waldum rapporterer at den høyeste verdien under stridskurset i 1973 ble funnet hos den tyngste deltageren på dag tre. Han var også den av kadettene som var mest medtatt. I tillegg var han under siste del av kurset plaget med oppkast og gikk 11,5 kg ned i vekt.

Søvn mangelen utgjør den største utfordringen for kadettene under kurset, verre enn mangel på mat. Soldatene vil være villig til å si eller gjøre hva som helst for å få sove når søvnmangelen blir alvorlig [46]. Det som forverrer søvnmangelen mest og har størst betydning, er ifølge Opstad ”tid uten søvn og tid på døgnet”. For eksempel sammenligner man to grupper der begge utsettes for søvnmangel, men forskjellen på gruppene er fysisk aktivitet, viser resultatet at fysiske anstrengelser i liten grad forverrer virkningen av søvnmangel, ”høy eller lav fysisk aktivitet har mindre betydning”. Opstad rapporterer at ”ettersom det er en klar sammenheng mellom

aktiveringsgrad og mental funksjon, er det likevel er slik at fysisk og psykisk aktivitet vil akutt kunne redusere virkningene av søvnmangel”. Han viser til en studie der de sammenlignet to lag som skulle gå fra Terningmoen til Rokosjøen for å gjennomføre et angrep i båt. Det ene laget gikk i langsomt tempo, det andre laget hadde høyt tempo slik at de hadde tid til å sove et par timer før oppdraget. Resultatet viste en dramatisk forskjell mellom de to lagene i måten de løste oppdraget etter aktiviteten, der laget med høyt tempo gjennomførte oppdraget betraktelig bedre. Opstad konkluderer med at lav aktivitet og drøsetilstander bør unngås. Enten sover man, eller så er man i aktivitet [46].



Figur 4.2 Effekten av søvnmangel under stridskurset. Studier viser at søvnmangel reduserer mental yteevne og sinnssstemning. Det eneste som hjelper mot søvnmangel er å sove, men fysisk aktivitet kan redusere virkningen på søvnmangel på kort sikt. Trettheten påvirkes mest av varigheten og tiden på døgnet. Selv om det er vist at amfetamin og andre stimulerende midler øker mentalytelse og sinnssstemning er det ikke anbefalt å bruke disse midlene. Er det nødvendig å bruke sentralstimulerende midler anbefales koffein ("Virkninger av søvnmangel på soldater," (Opstad 2013) [46] og "Amfetamin og soldaters presentasjonsevne", (Opstad 1992) [47]). (Illustrasjon Teien 2013).

Det mest pinefulle under stridskurset for kadettene er søvn mangelen

Søvn mangel utgjør den største utfordringen for kadettene under kurset, og det er verre enn mangel på mat. Kadettene vil være villig til å si eller gjøre hva som helst for å oppnå søvn når søvn mangelen blir alvorlig [46].

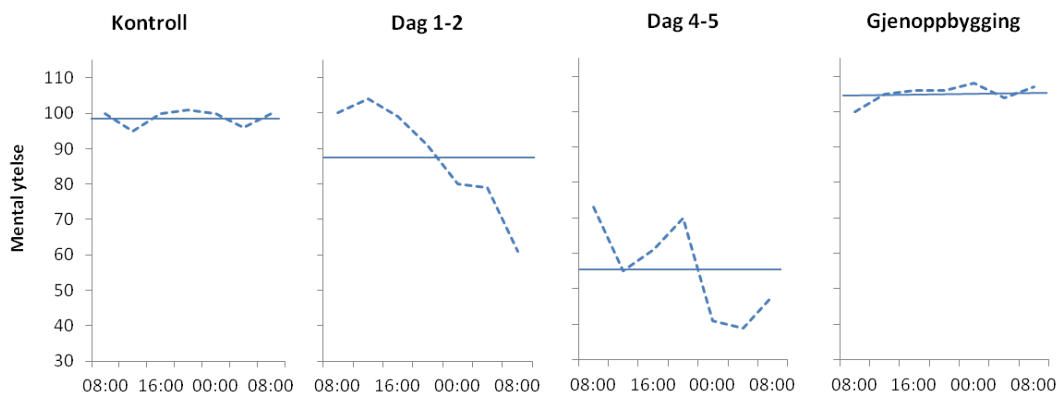
De kadettene som har best toleranse for søvn mangel, er de som sover mellom sju til åtte timer normalt. Det tar omtrent en uke å komme tilbake til normalt søvn mønster etter gjennomført stridskurs, men enkelte kan ha symptomer flere uker og kanskje måneder etterpå.

Det eneste som hjelper mot søvn mangel, er å sove, men fysisk aktivitet kan akutt redusere virkningen av søvn mangel. Lav aktivitet og drøsetilstander bør unngås, det vil si enten sover man, eller så er man i aktivitet [46].

Trettheten hos kadettene viser markante svingninger og er mest tydelig fra midnatt frem til klokken tre på natten. Det er en sammenheng mellom tretthet og katekolaminutskillelse. Et eksempel fra et stridskurs på syttitallet viser at den høyeste katekolaminverdien ble funnet hos den tyngste deltageren på dag tre. Han var også den av kadettene som på det tidspunktet var mest medtatt. I tillegg var han under siste del av kurset plaget med oppkast og hadde et stort vekttap, 11,5 kg [6].

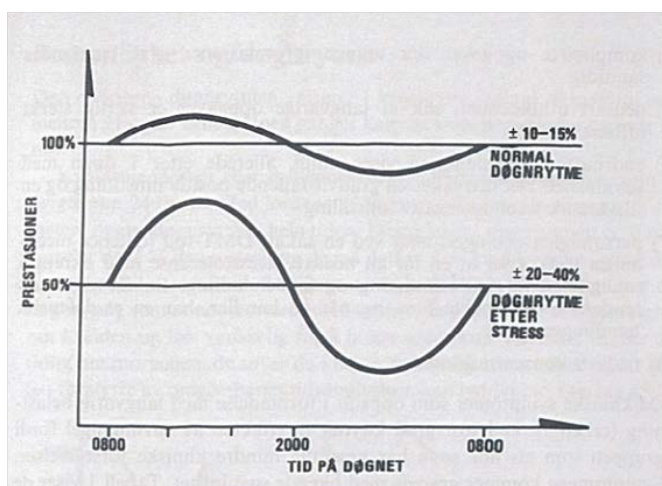
4.3 Mental ytelse og sinnsstemning

Det er dokumentert at menneskets ytelse (performance) har en biologisk variasjon, og eksperimentelle studier på normal søvn/våken tilstand viser at ytelsen når maksimum på ettermiddagen og minimum tidlig på morgenen. Det er vist at forskjellige typer stress slik som forandringer i søvn mønsteret, det å flytte seg over flere tidssoner og søvn mangel fremkaller forandringer i den biologiske rytmen [10;48]. Allerede i forbindelse med stridskurset i 1976 ble det påvist nedsatt ytelse og sinnsstemning på morgenen [28]. Ytelsen under stridskurset var redusert med femti til seksti prosent på dag fire i forhold til grunnivået. Under stridskurset i 1978 ble det påvist små reduksjoner i ytelsen allerede etter 24 timer med søvn mangel. f.eks. ble visuell årvåkenhetstest redusert til sytti prosent, det vil si at kadettene tok feil ved 3 av 10 klart definerte signaler. Dette er viktig fordi evnen til å utføre observasjonsarbeid blir svekket. (Figur 4.3 viser et eksempel på endringer i rytmen på mental ytelse under tidligere stridskurs [20]). En reduksjon på opptil 70 % i reaksjonstid kan være avgjørende for mennesker med arbeid som krever rask reaksjon, visuelt syn, motorkoordinering etc. Læringskapasiteten hemmes også av søvn mangel. Det var en gradvis reduksjon i ytelsen, mest fremtredende på kvelden og natten. Fire dager etter at stridskurset var avsluttet, var det full restitusjon. Det er en blanding av søvn mangel og fysisk utmattelse som mest sannsynlig forårsaker fluktuasjonene (forandringene) i den naturlige biologiske døgnrytmen [48].



Figur 4.3 Figuren viser endringer i sirkadian rytme for mental ytelse under stridskurset, uttrykt som gjennomsnitt av to mentale ytelsestester (Kodetest og logisk resonneringstest). Figuren viser ikke nøyaktige data, men er kun laget som et eksempel av Teien etter figur 7 i artikkelen "Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men", Opstad 1994 [20]. Se referansen for nøyaktige data.

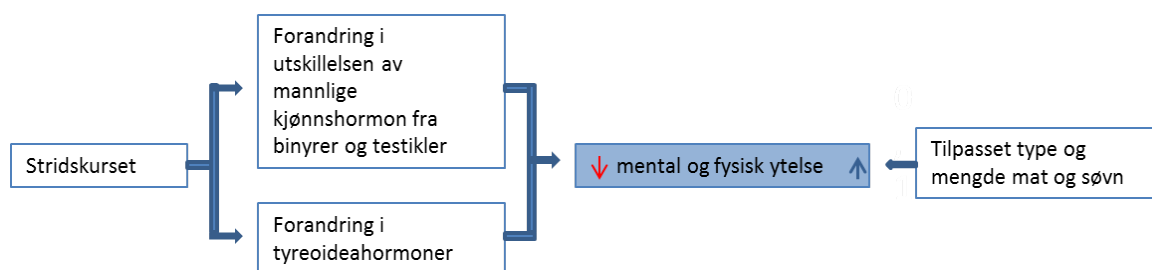
Under stridskurset er det en generell reduksjon i mental ytelse. I tillegg forsterkes amplituden i døgnrytmen, og svingningene i døgnrytme og sinnsstemning økte fra 10-15 % til 20-40 % (Figur 4.4), med størst reduksjon på natten. Det var derimot ingen forskyving i døgnrytmen, siden soldatene hele tiden ble utsatt for påvirkninger som lys/mørke, samt en rekke andre miljøfaktorer, og de gikk med korrekte klokker. Alle de kliniske symptomene var mer fremtredende på natten enn på dagen. Den mentale ytelsen var sterkt korrelert til hormonnivåene, og døgnrytmen var forandret for flere av hormonene [9;18;20;28;48]. Opstad rapporterer at kadettene hadde nedsatt funksjon i skjoldbruskkjertelen, noe som kan bidra til å forklare mange av forandringene i både mental og fysisk funksjon [9].



Figur 4.4 Etter 4 døgn med hard fysisk belastning døgnnet rundt med lite mat og lite søvn (1-2 timer) er det påvist en forsterket amplitude for mentale prestasjoner, mens det er ingen forskyvning i døgnrytmen. Figuren er hentet fra "Biologiske rytmer og arbeidstider", Opstad 1986 [18].

Ved alvorlig søvnmangel vil kroppens behov for søvn være så sterkt at mennesker vil sovne selv i stående posisjon. Dette ble også erfart under stridskurset i 2012, der kadettene sovnet stående mens de skulle kle av seg før belastningsforsøkene. De måtte stadig dultes borti og snakkes til for å holde seg våkne. Selv under sykkelbelastningstesten som ble utført rett etter stridskurset, var det enkelte som holdt på å sovne mens de syklet (personlig observasjon av Opstad og Teien 2012). Opstad rapporterer at i situasjoner med ekstrem søvnmangel, spesielt på nattestid med lite aktivitet, vil man ha problemer med å gå rett langs veien, og flere har pseudo- eller virkelige illusjoner og hallusinasjoner. I starten av stridskurset vil kadettene ta disse hallusinasjonene for virkelige signaler. På slutten av kurset, når de er mer vant til dem, vil de ta alle uventede situasjoner som hallusinasjoner [46]. Denne manglende evnen til å skille mellom virkelige og ikke-virkelige signaler vil for eksempel gjøre dem fullstendig ubrukelige til vakthold og overvåking. I tillegg oppstår det økende problemer med avstandsbedømmelse og logiske tankerekker. Periodene med intens følelse av tretthet kalles ”mikrosøvn”. Under mikrosøvn er årvåkenheten så redusert at subjektene ikke leger merke til selv tydelige forandringer i omgivelsene [9;46]. Bortfall av utskillelsen av steroidhormoner om natten indikerer at aktiviteter om natten er spesielt hard og krevende for kadettene. Opstad rapporterer at enkle forhåndsregler eller mottiltak, slik som tilpasning av type og mengde mat og søvn, kan være tilstrekkelig for å bevare soldatenes mentale og fysiske ytelse og hindre unødvendig helseskader [9] (Figur 4.5).

Hallusinasjonene under stridskurset har ifølge Opstad [46] med aktiveringsgrad å gjøre. Han refererer til at de som er ledere, sjelden hallusinerer mens de er ledere, mens de hallusinerer ofte hvis de får en mindre krevende oppgave.



Figur 4.5 Tidligere utførte stridskurs viste nedsatt mental ytelse og sinnsstemning. Enkle forhåndsregler og mottiltak, slik som tilpasning av mengde mat og søvn, kan være tilstrekkelig for å bevare mental og fysisk ytelse og hindre unødvendige helseskader. (Illustrert av Teien, 2013).

Waldum rapporterer [6] fra en studie utført i 1973, at de fleste kadettene hallusinerte under de to siste nettene av stridskurset, det vil si etter 60 timer uten søvn. Under en tidligere studie viste observasjoner at over 70 prosent hallusinerte etter 40 timer uten søvn. De fleste kadettene virket helt utmattet de to siste nettene. Resultatene viser imidlertid at individuelle faktorer også virker inn, da noen kadetter også fungerte godt det siste døgnet av øvelsen.

Tabell 4.1 *Kliniske forstyrrelser som er observert under et tidligere stridskurs etter 4-5 døgn med harde fysiske anstrengelser, søvn- og matmangel. Natt til dag 3 fikk en gruppe på 11 personer sove 3 eller 6 timer (se kolonne helt til venstre i tabellen). Gruppen som fikk sove litt ekstra hadde vesentlig mindre kliniske forstyrrelser 4 døgnet enn de som ikke fikk sove og dette viser at de kliniske symptomene er knyttet til effekten av søvnmangel [18]. (Tabellen er gjengitt med små modifikasjoner av Teien 2013 etter Tabell 2.1, "Biologiske Rytmer og arbeidstider", (Opstad 1986) [18]).*

	22 Personer			11 personer	
	1 døgn	2 døgn	3 døgn	4 døgn	4 døgn
				Uten søvn	Med søvn
Arbeidsevne, redusert	8	13	16	10	9
Kollaps	0	0	1	1	0
Hallusinasjon	0	4	2	10	3
Dysforisk (dårlig humør, irritabel, gretten etc.)	2	3	2	3	2
Aggressiv	1	1	1	2	1
Desorientert for tid og sted	0	1	0	3	1
Balanseforstyrrelser	4	8	11	7	3
Treg bevegelse	0	3	5	7	4
Tåkesyn	0	2	1	4	2

Opstad rapporterer [49] at den mentale yteevnen under stridskurset først og fremst rammes på grunn av mangel på søvn, selv om kulde også påvirker menneskets yteevne. De kliniske symptomene kommer gradvis, men kan bedres vesentlig selv med svært korte perioder med ekstra søvn [18]. Se Tabell 4.1 for kliniske forstyrrelser under tidligere stridskurs.

Det er på bakgrunn av forskning utført på rotter, en mulighet for at ekstrem søvnmangel også kan gi helseskade (hjerneskade). Anbefalingen til Opstad er derfor at det vil være etisk uforvarlig å hindre kadettene i å snappe til seg kortvarige perioder med søvn. Ved bruk av sentralstimulerende midler som amfetamin kan man oppnå en ekstrem grad av søvnmangel. Alle sentralstimulerende midler kan motvirke effekten av søvnmangel.

Den mentale ytelsen under stridskurset reduseres som en følge av søvnmangel og forandring i hormonnivåer. Reduksjonen i mental prestasjon er sterkest om natten, særlig mellom kl. 03 og 06.

Reduksjonene i mental prestasjon under stridskurset kan ifølge Opstad [17;18] blant annet gi seg følgende utslag:

1. Økt antall unnlatelser på grunn av økende antall perioder med mikrosøvn
2. Økt reaksjonstid, det vil si at vi bruker mer tid på alt vi gjør både fysisk og psykisk
3. Nedsatt læringsevne, det vil si at nye ferdigheter beherskes dårlig, mens innøvde (drillede) ferdigheter er resistente mot virkningene av søvnmangel
4. Vansker med å løse kompliserte oppgaver der mange informasjonen skal bearbeides samtidig
5. Nedsatt utholdenhet slik at langvarige oppgaver er særlig sterkt affisert
6. Endringer i stemningsleie og sinnsstemning vises tidlig. Det kan komme til syne ved en gradvis fallende positiv innstilling og en tilsvarende økende negativ innstilling.
7. Personlighetsendringer målt med DMT-test (defence mechanism test) viser at en får en sterkt nedsatt stresstoleranse med økende fare for feilbedømming og feilhandling.

Listen er hentet og skrevet av fra ”Biologiske rytmer og arbeidstider”, Opstad 1986 [18].

4.4 Bruk av amfetamin og koffein

Bruk av amfetamin for å redusere virkningene av søvnmangel er risikofylt med stor fare for overdosering, bivirkninger og tilvenning [47]. Dosert forsiktig kan en utsette fall i mental og fysisk presentasjon i 1-2 døgn, men deretter vil amfetamin forsterke virkningen av den mentale og fysiske utmattelsen. Anbefalingen til Opstad er at dette stoffet helt burde fjernes fra Forsvarets vanlige oppsetninger. Konklusjonen er at ingen farmaka kan erstatte søvn, og det eneste som kan reversere virkningene av søvnmangel, er søvn. Hvis det skulle være nødvendig å bruke sentralstimulerende midler, er koffein i en dose på 300-600 mg et mye tryggere valg. Koffein reduserer virkningene av søvnmangel og øker og forlenger den fysiske presentasjonsevnen. Problemet med fall i prestasjon på grunn av søvnmangel under langvarige operasjoner bør løses med en tilpasset søvnlogistikk. Det er den enkelte soldats toleranse for søvnmangel og oppgavene som skal utføres, som bestemmer hvor mye søvn som er nødvendig. Det er hovedsakelig mentale oppdrag som rammes av søvnmangel, mens fysiske oppdrag er mer resistente. Det anbefales én til tre timer med søvn, helst nattetid, for å utsette fallet i prestasjonsevnen og holde mangelen på søvn borte i flere uker [47].

Flere studier utført med testing av koffeintabletter og tyggegummi med koffein, viser at en koffeindose på 200 mg signifikant forbedrer kognitiv og fysisk ytelse [21]. Koffeinholdig tyggegummi er i dag tilgjengelig i Forsvarets forsyningssystem og i rasjoner i USA.

Det eneste som kan erstatte søvnmangel, er søvn. Det anbefales 1-3 timers søvn under stridskurset, helst på nattetid, for å utsette fall i prestasjonsevnen [47]. Det er den mentale prestasjonen som hovedsakelig rammes av søvnmangel. Er det nødvendig å bruke sentralstimulerende midler, anbefales koffein.

4.5 Termoreguleringsrespons

Effekten av søvnmangel på termoreguleringsresponsene er uklar. Studier som er utført på søvnmangel, uavhengig av andre faktorer som ekstrem fysisk belastning og mangel på ernæring, har ikke vist noen effekt på kjernetemperaturresponsene hos personer som blir utsatt for kulde. Søvnmangel kan spille en rolle ved å forandre "termostat"-temperaturen (set-point), som fysiologiske responser er regulert etter [50]. Castellani med medarbeidere påpeker at Opstad og Bahr [4] etter et multistress-scenarior og etter en annen studie utført av Kolka et al. [51] på søvnmangel alene, viste at kjernetemperaturen var nedsatt med 0,5 °C før aktiviteten. Men ingen av studiene har bevis til å konkludere med en nedsatt set-point temperatur i hjernen. Ifølge oversiktsartikkelen til Castellani [52] er det foreløpig ikke mulig å konkludere definitivt.

4.6 Hormonelle forandringer

Det er vist at både veksthormon (HGH), prolaktin, kortisol og testosteron øker etter søvn. For testosteron og kortisol reflekterer det hovedsakelig variasjoner i sirkadiane rytmer. Serumnivået av veksthormon, derimot, øker kort tid etter søvn og ser ut til å være forbundet med "sakte-bølge-søvn" [22], det vil si søvnen som har størst hvilevirkning [46]. Prolaktin øker mest mot slutten av natten. Med hensyn på skjoldbruskkjertelhormoner (T4, T3 og rT3) er det kun observert en veldig svak økning ved søvnmangel. Under multifaktorielt stress derimot er det observert stor reduksjon i skjoldbruskkjertelhormonene. Konklusjonen til Opstad er at serumnivåene av kortisol, veksthormon og testosteron er påvirket av søvnmangel, mens serumnivåene av dihydrotestosteron (DHT), androstenedione, katekolaminer (adrenalin, noradrenalin og dopamin) og skjoldbruskkjertelhormonene ikke påvirkes av søvnmangel [22].

5 Energimangel

5.1 Teoretisk innføring

Ved energimangel er kroppens energiforbruk større enn energiinntaket/matinntaket. Kroppen er en kompleks organisme. Alle biologiske funksjoner krever energi [53], og vi er avhengige av energitilførsel for at kroppen skal fungere både i det daglige og ved trening. Mengden er først og fremst avhengig av fysisk aktivitetsnivå og kroppsstørrelse [39]. Kroppen får tilført energi i form av karbohydrater, proteiner og fett, og for å fungere optimalt er den avhengig av et samspill mellom de forskjellige byggesteinene. Får man for lite av enkelte komponenter, kan det redusere yteevnen, men også for store mengder kan ha uheldige konsekvenser. Negativ energibalanse kan føre til tap av muskel/skjelettmasse og økt fare for skader [54]. Konsekvensene av utilstrekkelig inntak av mat og drikke kan være mer alvorlig under vinterforhold enn i de varme årstidene. Kroppen har generelt sett større behov for energi i kaldt klima enn i varmt klima, blant annet for å forebygge kuldeskader, opprettholde stridsevne og mental/fysisk yteevne ("upubliserte data fra FFI"). En internasjonal studie som ble utført med delvis ernæring (60 %) i fire dager, med konstant matsammensetning og daglig aktivitet, viste redusert handlekraft sammenlignet med vanlig energibalanse. Energimangelen påvirket også humøret negativt. En annen studie viste at det ikke var noen endringer i humør og kognitiv ytelse etter 48 timer med lite næring [55]. Guezennec et al. [56] fant i sin studie at kun alvorlig energimangel reduserer fysisk ytelse under submaksimal aktivitet.

Normalt har vi 3 til 4 måltider per dag, og det tar normalt 3 til 4 timer før maten er fordøyd. I perioder på dagen, og vanligvis hele natten, er tarmen tom for næringsstoff. I sultfasen er både glukose og fettsyrer (spaltet fra fett) viktige energikilder. Glukose fra leveren dannes ved nedbryting av glykogen (glykogenolyse) eller ved syntese fra aminosyrer (glykogenese). Kroppen befinner seg altså vekselvis i perioder hvor energibehovet dekkes av næringsstoffer som kommer direkte fra tarmen, og i perioder hvor den tærer på kroppens energilagre [10]. Fett er hovedenergilagret hos mennesker og dyr. Normalt består 20 til 25 prosent av kroppsvekten av fett [9].

Menneskekroppen er lite effektiv når den bryter ned næringsstoffer for å bruke energi. Bare 20 prosent av all energien som produseres, blir brukt til å utføre arbeid. Resten (80 prosent) blir brukt til å opprettholde likevekt eller blir tapt som varme. (Adenosin trifosfat (ATP) er den energiformen som cellene bruker til å omdanne kjemisk energi til mekanisk energi, det vil si energi som kan brukes til muskelarbeid) [57].

5.1.1 Regulering av energiomsetning av næringsstoffer og blodsukker

Metabolismen og menneskets termoregulering er koblet nært sammen. Informasjon om kroppstemperatur, energilagret og matstatus er samlet og koordinert i et senter i hjernen (hypotalamus) [25]. Reguleringscenteret har en nøkkelrolle for å opprettholde energibalansen i kroppen. Det er mulig på grunn av et stort antall sirkulerende hormoner og produkter fra stoffskiftet [58]. De to viktigste hormonene for regulering av blodsukkeret

(glukosekonsentrasjonen) og metabolismen er insulin og glukagon. Sammen med mange andre hormoner (kalt motreguleringshormoner) sørger disse to hormonene for at cellenes tilførsel av næringsstoffer er tilstrekkelig også utenom måltider [10] (se også avsnitt 5.2.2 side 52). Insulin er imidlertid det eneste hormonet som kan redusere glukosekonsentrasjonen [9]. Glukagonets hovedoppgave er å øke blodsukkerkonsentrasjonen, og det har en viktig oppgave i sultfasen, over 4 timer siden vi har spist, ved å mobilisere næringsstoffer fra kroppens lager [10], i første omgang glykogenlagrene i lever og muskel. Når vi akkurat har spist og har høyt blodsukker, reagerer bukspyttkjertelen med å slippe ut insulin for å bygge lager. Insulinet signalerer til cellene i kroppen at de kan ta opp glukose fra blodet. De tre målorganene til insulin for bygging av lager er lever, muskel og fett. Glukose lagres som glykogen i lever og muskel, mens energi i fra glukose tatt opp i fettceller omdannes og lagres som triglyserider. Ved opptak av glukose og bygging av lager synker blodsukkernivået igjen. Tilføres ikke ernæring, får man energiunderskudd [59;60].

Cellene i kroppen bruker glukose som energikilde til ulike funksjoner. Glukose er både hjerne- og nervecellesubstrat nummer en. Nervecellene og hjernen er relativt ømfintlige for svingninger i tilførselen av glukose [59;60]. Fall i glukosekonsentrasjonen er svært uheldig for hjernen [10]. Hos friske mennesker er det hele tiden en balanse mellom mengde glukose, insulin og glukagon. Insulin regulerer glukosemetabolismen, mens glukose regulerer insulinsyntesen og utskillelse fra celler i bukspyttkjertelen [59;60]. I tillegg til insulin og glukagon er også adrenalin viktig for metabolismen og er med på å regulere glukosekonsentrasjonen. Når glukosekonsentrasjonen synker, fører det blant annet til økt adrenalinsekresjon og økt stimulering av nervefibre [10]. Under stridskursene er det påvist forandring i normalnivået til disse hormonene.

5.1.2 Mål for energien i mat

Enheten for energi uttrykkes ofte i form av Joule (J) eller kalorier (cal). En Joule er den energimengden som kreves for å utøve en kraft på 1 newton over en avstand på 1 meter. En kalori er et mål som uttrykker varmen eller energien til mat eller fysisk aktivitet, og er definert som mengden varme som kreves for å heve temperaturen til 1 kg (1 liter) vann med 1 °C, fra 14,5 til 15,5 grader Celcius, under atmosfærisk trykk. Ofte benyttes kilojoule (kJ), megajoule (MJ) og kilokalorier (kcal) [53;57]. Den internasjonale enheten for energi i SI-systemet ("International System of Units") [61] er joule (J). For å omdanne kcal til kilojoule (kJ) ganger man kcal med en faktor på 4,2. Den gjennomsnittlige nettoenergiverdien for karbohydrater, fett og proteiner som fordøyes i maten, er avrundet til hele tall og gitt som 4 kcal karbohydrater per gram, 9 kcal fett per gram og 4 kcal proteiner per gram. Disse tallene er tradisjonelt brukt av ernæringsfysiologer i lang tid [53].

1 cal = 4,186 J
1 kcal = 4,186 kJ
1 kJ = 0,24 kcal
1 gram karbohydrater = 4 kcal
1 gram fett = 9 kcal
1 gram proteiner = 4 kcal

5.1.3 Karbohydrater

Karbohydrater er den viktigste energikilden for aktivitet med høy intensitet og lagres som lange glukosemolekyler, glykogen, i lever og muskler. Det er som nevnt omtrent 100 gram glykogen i lever. Dette nivået varierer periodisk avhengig av mengden glykogen som brytes ned for å forsyne blodet med glukose, og mengden glukose som blodet forsyner leveren med etter matinntak. Det er viktig med et "konstant" blodsukker på grunn av forsyning til nervesystemet og hjernen. Ved aktivitet øker opptaket av glukose fra blodet, og leveren blir samtidig stimulert til å tilføre glukose, hovedsakelig fra glykogenlageret, men også litt fra glukoneogenesis. Ved aktivitet med høy intensitet er forholdet mellom fett- og karbohydratforbruk 10 prosent fett og 90 prosent karbohydrater. Dette medfører at glykogenlagrene fort tømmes, og blodsukkeret faller til et hypoglykemisk nivå. Dette er en krevende situasjon for kroppen som induserer maksimal fettmobilisering og også proteinnedbryting. Musklenes opptak av glukose vil falle til et marginalt nivå. Godt trente personer har glykogenlagre i muskelvevet på over 500 gram, mens utrente har omtrent 300 gram. Dette skyldes en kombinasjon av trening og karbohydratrikt kosthold. Trente personer bruker i tillegg mindre glykogen og mer fett ved submaksimal treningsintensitet. Ved moderat aktivitet, omtrent 55 prosent av maksimalt oksygen opptak, vil karbohydratlagrene tømmes i løpet av 4 timer, mens ved høy aktivitet blir lagrene tømte i løpet av 1,5 time. Ved tømte lagre kan man derfor kun arbeide med en intensitet på omtrent 50 prosent av maksimalt oksygenopptak. Ved matinntak øker blodsukkeret [34].

De norske anbefalingene er at karbohydrater i snitt bør bidra med 50-60 prosent av energiinntaket, men karbohydratbehovet varierer med aktivitetsnivået og type trening. Nye anbefalinger for idrettsutøvere gis som karbohydratinntak i gram per kg kroppsvekt [62].

5.1.4 Fett

Fett utgjør den nest viktigste energikilden for personer i aktivitet. Viktigheten av fett som energikilde avhenger av graden av trening og tilgjengeligheten på karbohydrater [34]. Med fett mener man først og fremst triglyserider. Fettet vi inntar i kosten, i første rekke i form av triglyserider, har en lang rekke funksjoner. Mengden lagrede triglyserider varierer med mengden kroppsfett, og en mann på 70 kg kan f.eks. ha ca 10 kg fett. Per gram fett får vi som nevnt tidligere, 9 kcal (38 kJ) per gram fett. Det er derfor normalt ikke fettlageret som er begrensende under fysisk aktivitet med moderat til høy intensitet, men hastigheten på frigjøringen av energi. Det er viktig at vi får i oss nok fett og riktige typer fett for å oppnå riktig funksjonsevne og god

helse. De nordiske anbefalingene for inntak av fett gjelder både for sedate personer og svært aktive personer, og 25-30 prosent av energien bør komme fra fett. Disse anbefalingene bygger på kunnskap om hva som er et helsemessig godt inntak av total mengde fett [63]. Se tidligere kapittel 3.1.2.1 side 25 for mer informasjon om fettforbrenning.

5.1.5 Proteiner

Proteiner består av lange kjeder aminosyrer. Det er blant annet rekkefølgen på disse aminosyrene, den tredimensjonale strukturen og interaksjonen med andre proteiner som bestemmer funksjonen [64]. Mennesket har ingen tilgjengelige rene energilagere av protein. Alt proteinet i kroppen er funksjonelt protein og base for vekst og dannelse av organer og vev. Proteiner finnes i vevsstrukturer og metabolske system, hormoner og transportsystem, der muskelmassen har størst "proteinmasse". Vi må innta en tilstrekkelig mengde proteiner og nødvendige aminosyrer for å bygge opp de proteinene vi trenger hver dag. Nitti prosent av det proteinet vi spiser, blir tatt opp. Reduseres lageret med karbohydrat, fører det til økt behov av blant annet greinede aminosyrer. De greinede aminosyrene er en gruppe aminosyrer som har fått spesiell oppmerksomhet innenfor muskelfysiologi på grunn av at de ikke metaboliseres i leveren, men først og fremst i skjelettmusklene. (De går direkte inn i produksjonen av proteiner i vev). Det finnes totalt tre greinede aminosyrer (valin, leucin og isoleucin) og under aktivitet bidrar disse til energiproduksjon. Flere kosttilskudd har høyt innhold av disse aminosyrene, blant annet fordi det er postulert at det skal kunne øke proteinsyntesen. Det diskuteres om tilskudd av greinede aminosyrer motvirker glutaminfallet en ser ved fysisk aktivitet, noe som igjen reduserer infeksjonsrisikoen. Man har ifølge Strømme ikke greid å vise noen effekt av greinede aminosyrer på prestasjonsevnen ved trening [40]. Omdannelsen av aminosyrer til glukose skjer i et samarbeid mellom muskel, blod og lever. Dette er spesielt aktuelt under fysisk aktivitet med underskudd på karbohydrater. Kroppen ønsker å bruke minst mulig proteiner til energi, og forbruket er vanligvis relativt konstant. Grovt sett vil 5-10 prosent av energiforbruket være dekket av protein når man har nok karbohydrater og fett. I de nordiske anbefalingene er behovet for protein satt til 10-15 prosent, noe som vil være tilstrekkelig uansett aktivitetsnivå. Idrettsutøvere kan ha større proteinbehov enn vanlig aktive på grunn av stort energiforbruk. Den viktigste årsaken er at en viss andel av energiforbruket dekkes fra nedbrytingen av aminosyrer. Dette sees ved større mengde nitrogen i urinen hos aktive. Protein utgjør også en større del av kroppsmassen hos godt trente personer, de har større muskelmasse [34;62]. Ifølge Strømme [40] er det ikke nødvendig med ekstra tilførsel av proteiner da vanlig kost dekker behovet om man følger de nordiske anbefalingene. Dette gjelder både innenfor styrke- og utholdenhetsidretter.

5.1.6 Ernæring i forbindelse med militærøvelser

Under militære øvelser er soldatene ikke bare utsatt for fysisk belastning, men i tillegg kan flere andre stressfaktorer og ekstreme forhold være tilstede. Dette medfører at soldater har andre ernæringsbehov enn f.eks. en toppidrettsutøver. Ifølge Pasiakos [54] vektlegger tidligere funn viktigheten av protein for å opprettholde muskelskjelettmassen etter fysiologisk stress hos soldater [54].

Et internasjonalt anerkjent forsknings- og kompetansesenter som arbeider med å forbedre helsen og ytelsen til militært personell ("Military Nutrition Division, U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine (USARIEM), Natick, MA"), arbeider med studier for å kunne definere optimalt nivå og ernæringskildeinntak som kreves i ekstreme omgivelser [54].

Lieberman ved "Military Nutrition Division, USARIEM" rapporterer at det i USA finnes utallige kosttilskudd som i teorien skal forbedre ytelsen, kognitiv funksjon, søvn etc. [21]. Disse kosttilskuddene finnes også i de fleste store U.S. militærbaser. Kosttilskudd kan også være skadelige. Lieberman [21] og Strømme [40] viser begge til et eksempel der tilskudd som inneholdt aminosyren tryptofan, var ansvarlig for flere dødsfall og skader i 1989. Lieberman referer også til at det er forskningsbevis på at det kan være problemer knyttet til bruk av kosttilskudd, enten ved at de er skadelige eller til og med farlige. TTCP-panelet ("Technical Cooperation Program" – HUM TP-8) har utført flere studier hvor de har sett på effekten av forskjellige kosttilskudd i militær sammenheng. Bare et fåtall av kosttilskuddene som ble undersøkt, ble funnet å være rimelig sikre og effektive. For kognitiv ytelse var det kun koffein som ble påvist å gi effekt og være trygt. Komiteen for militær ernæringsforskning (CMNR) sluttet seg også til denne anbefalingen ved operativ bruk i 2001. Resultatene samsvarer med Opstads studier der han konkluderte med at det kun er koffein som er anbefalt for å øke mental yteevne og sinnsstemning [47], se også avsnitt 4.4 side 42.

TTCP påviste også at noen få andre kosttilskudd var effektive, slik som ephedra, tryptofan og tyrosin, men det manglet sikre forskningsbevis, og disse ble ikke identifisert som egnet [21]. Rent forskningsmessig er det vist at kreatin øker anaerob ytelse, men TTCP-panelets anbefalinger er at det kun brukes i helt spesielle situasjoner, slik som spesialstyrkene, hvor en beskjeden forbedring i anaerob ytelse kan være kritisk. Ephedra var et av de få kosttilskuddene som økte aerob ytelse, men det ble svartelistet av "U.S. Food and Drug Administration" (FDA) i 2004 på grunn av sikkerhetsmessige bekymringer. Lieberman rapporterer at dette produktet var ekstremt populært i USA både blant sivile og militære siden det viste god effekt, særlig på hjerte- og kognitiv stimulering.

Forskning utført av USARIEM og TTCP har bidratt til oppdagelsen av at karbohydrat er viktig for å øke fysisk ytelse, i noen situasjoner også for kognitiv ytelse [21]. Karbohydratinholdet i U.S.-rasjoner ble derfor justert [21], og anbefalingene per 2006 er et innhold av karbohydrater på 350 gram pluss supplement på 100 gram i form av pulver i drikke, godteri eller lignende [11]. Lieberman [21] rapporterer at selv om det i samfunnet er stor tro på at kosttilskudd øker ytelsen, er det i de fleste tilfeller ikke dokumentert. Strømme [40] kom frem til de samme resultatene hos idrettsutøvere. Han anbefaler, som tidligere nevnt, at man skal være forsiktig med å tilføre blant annet antioksidanter i form av piller og preparater hos idrettsutøvere, og at den sikreste måten er å få/spise det gjennom vanlig kost. Ifølge Strømme er det ingen hensikt å overdrive konsumet av vitaminer, mineraler eller andre stoffer. (Se også avsnitt side 26).

5.2 Ernæring under stridskurset

Det er begrenset mengde informasjon om energiforbruket blant soldater under stridskurset, men det er tidligere blant annet vist at mannlige og kvinnelige kadetter har betydelig energiunderskudd [65]. Hoyt et al. påviste at menn hadde et absolutt totalt energiforbruk på $26,6 \pm 2,0$ MJ/døgn, mens tilsvarende hos kvinner var $21,9 \pm 2,0$ MJ/døgn ($p < 0,05$). De kvinnelige kadettene opprettholdt en signifikant høyere dominerende fettmetabolisme enn de mannlige. Andre studier viser ingen signifikant forskjell mellom kjønnene. Studier gjennomført på 1970-tallet estimerte det totale energiforbruket til 33-40 MJ/d [6;66], Tabell 5.1. Dette antyder at den fysiske aktiviteten under stridskurset siden den gang har falt. Hoyt kommenterer at det daglige tapet i kroppsvekt og fettmasse (FM) i tidligere stridskurs tilsier at det totale energiforbruk var på omtrent 27-29 MJ/d. Waldum et al. [6] brukte hjertefrekvensmetoden for beregning av energiforbruket. De konkluderte i sin undersøkelse på 70 tallet at oksygenopptak beregnet med hjertefrekvensmetoden, ikke avvek mer enn ± 15 prosent fra direkte oksygenmålinger. (Hoyt et al. benyttet dobbeltmerket vann i sin studie).

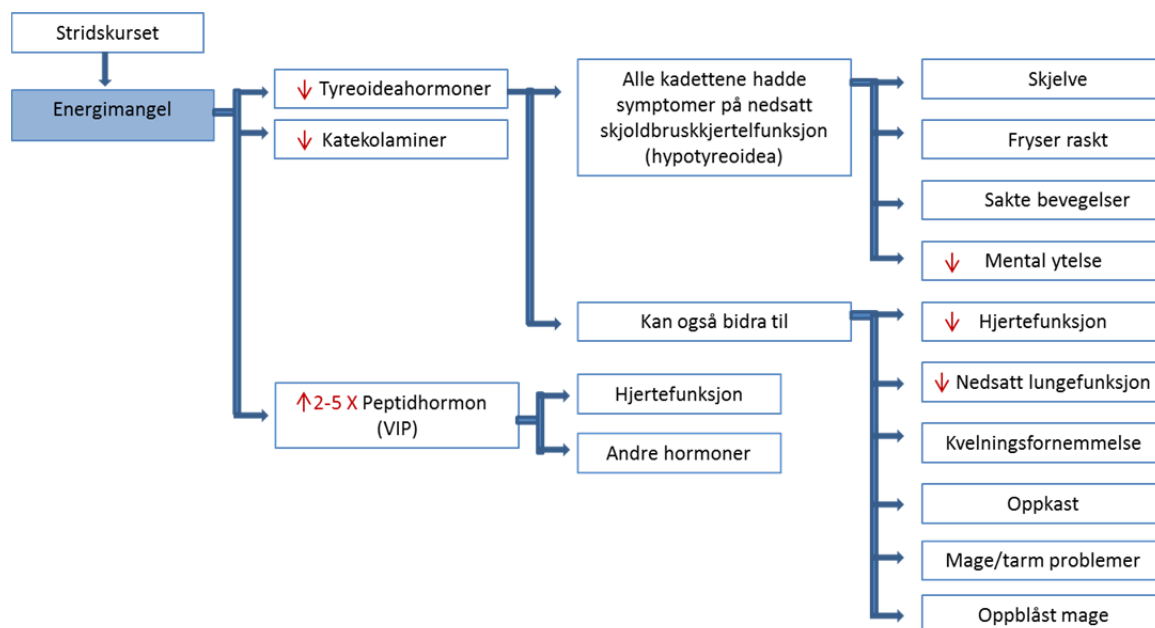
Energiforbruket under stridskurset er 4 til 5 ganger hvilemetabolismen, noe som blant annet tilsvarer energiforbruket som f.eks. U.S. Marines har under trening i fjellet under kalde værforhold, eller syklistene som deltar i "Tour de France" [65].

Kadettene får tilført svært lite næring under stridskurset slik at de må tære på kroppens egne energireserver. Basisdietten under kurset i 2008 og 2009 bestod av omtrent 500 kcal karbohydrater (to poser med energidrikk, to knekkebrød (40 gram) og salami (18,8 gram, 1/8 pakning). Energiunderskuddet medfører at de går inn i en ekstremt katabol tilstand, det vil si en tilstand med nedbryting av lagret næring (nedbryting av muskelvev til aminosyrer og fettvev til fettsyrer), se også avsnitt 3.2.2, side 31. En optimal diett må bestå av minst 100 gram karbohydrater for å hindre forbruk av strukturelt protein.

Opstad rapporterer at det under stridskurset er vist stor forskjell mellom kadetter som mottar en daglig rasjon på 1000-1500 kcal per dag (70 til 80 prosent består av karbohydrater) hvor kadettene har et kroppstap på omtrent 4 kg i forhold til de som faster helt og har et kroppstap på 8-12 kg. Studie viser at en ekstra tilførsel på 1000-1500 kcal per dag ikke ser ut til å ha noen stor påvirkning på mental og fysisk yteevne, noe som kan skyldes den store effekten søvnmangel har på mental og fysisk yteevne i forhold til effekten av mangel på mat. Ifølge Opstad føler kadettene kun sult når de blir fortalt at de skal få noe å spise [9].

Tabell 5.1 Daglig kaloriinntak, forbruk og vektreduksjon under tidligere stridskurs.

År	Totalt energiinntak i kcal/døgn (24 t)	Totalt forbruk i kcal/døgn (24 timer)	Sammensetningen av energiinntaket i gram			Vektreduksjon i kg
			Proteiner	Fett	Karbohydrater	
1974	1500-2000 ≈ 1600	8-10000				5,5-11,5 kg
1978	1600 (700 kcal var karbohydrater)	7-10000 (33-40 MJ/d)				
1981	1600 (700 kcal var karbohydrater)	7-10000 (33-40 MJ/d)				3,4 kg (derav 2,7 kg kropps fett)
1983	1500 (6300 J)	≈ 9000 (37-46 MJ/d)	95 (12 %)	65 (35 %)	125 (53 %)	4,5 kg
		+ 27000 kJ/24t	95+105	65+125	125+1230	0 kg
1984	950-1200 (4000-5000 J)		60	40	100	
1990	480 (2000-5000 J)	≈ 40 MJ/d				3-4 kg
1991	480 (2000 J)	≈ 40 MJ/d				≈ 5,3 kg (7,1 % tap i kroppsvekt)
1994	480 (2000-5000 J)	≈ 40 MJ/d			(70 %)	4-6 kg (derav 3-4 kg kropps fett)
2005	Studie 1: ≈ 480 (≈ 0,2 MJ/d (1 % av behovet))	♂ 26,6 ± 2,0 MJ/d ♀ 21,9 ± 2,0 MJ/d	50	24	6	♂: 7,7 kg [6,4-8,6 kg] ♀: 5,9 kg [4,7-7,3 kg]
	Studie 2: ≈ 5280 (≈ 1,9 MJ/d (9 % av behovet))		96 ± 13 + 16	85 ± 12 + 26	323 ± 68 + 113	
2008	500					≈ 6,2 kg



Figur 5.1 *Konsekvenser av energimangel. Kadettene nedsatte funksjon i skjoldbruskkjertelen kan være med på å forklare mange av forandringene i både mental og fysisk funksjon. Den nedsatte tyreoideafunksjonen kan også bidra til å hemme hjerte/lungefunksjonen og gi mage/tarm-symptomer i form av kvelningsfølelse, oppkast, nedsatt tarmfunksjon med forstoppelse og oppblåst mage (Opstad, 1995 [9]). (Illustrasjon Teien 2013).*

5.2.1 Hvilke kadetter får problemer under stridskurset som følge av lite matinntak?

Mest utsatt er de som i utgangspunktet har lite underhudsfett. For å hindre at det går for sterkt ut over muskelmassen, må disse kadettene få tilført ekstra næring [1].

Under stridskurset i 2008 og 2009 undersøkte Stig Hjelset og Per Kristian Opstad betydningen av forskjellige næringssammensetninger. Kadettene ble delt inn i fire grupper der en gruppe fikk kun basisdiett (500 kcal karbohydrater), mens de tre andre gruppene fikk tilført 500 kcal ekstra med henholdsvis karbohydrater, proteiner eller fett. De kadettene som fikk proteintilskudd, hadde lavest økning i muskelskadeparametre, deretter kom kadettene som fikk tilført ekstra karbohydrater, mens ekstra tilførsel av fett ikke hadde noen innvirkning. Den ekstra tilførselen av proteiner reduserte tapet i muskelmasse med omtrent 1 kg (fra 1,4 kg til 0,4 kg). (”upubliserte data fra FFI”). Leverfunksjonen var lite påvirket, og det ble ikke påvist noen forskjell i plasmaproteinet albumin, som blant annet står for transporten av skjoldbruskkjertelhormoner i blodet [1].

Kreatin som er en av muskelskadeparametrene, er prestasjonsfremmende, og det er påvist store mengder av kreatinin i urin ved muskelsykdom og harde langvarige aktiviteter. Ved tilførsel av kreatin får en lavere melkesyreproduksjon. Har en lite kreatinfosfat i musklene vil glykolyse komme inn tidligere og medføre økt melkesyredannelse. Ved normal aktivitet er det marginale økninger i prestasjonen, men kreatintilførsel kan gi effekt hos idrettsutøvere. 95 prosent av syntesen og omsetningen av kreatin er i muskulatur [67].

Anbefalingen til TTCP panelet er imidlertid som tidligere nevnt at kreatin kun brukes av spesialstyrker i helt spesielle situasjoner (se kapittel 5.1.6 side 47).

5.2.2 Fall i blodsukkeret, endring av metabolsk og endokrint nivå og utsletting av døgnvariasjonen for flere hormoner

Et konstant blodsukker er som nevnt helt avgjørende for de fleste kroppsfunksjoner, spesielt hjernefunksjonen. Likevekt i blodglukose (glukosehomeostase) er viktig for både menneskets mentale og fysiske ytelse. Nivået av glukose i blodet er derfor nøye regulert, og insulin er det eneste hormonet som kan redusere glukosekonsentrasjonen [9]. Dersom blodsukkeret faller for lavt, vil det føre til symptomer som nedsatt mental og fysisk yteevne, svakhetsfølelse, kaldsvetting, blekhet, hjertebank, irritabilitet, aggressivitet, forvirringstilstand og til slutt bevisstløshet. Varer tilstanden med alvorlig blodsukkerfall for lenge, vil den føre til skade, spesielt på hjernevev. Kroppen har som nevnt meget sterke reguleringsmekanismer for å sikre at blodsukkeret holder seg forholdsvis konstant. Noen av disse regulatorhormonene er katekolaminer (adrenalin, noradrenalin og dopamin), glukokortikoider (kortisol), peptider (slik som vasoaktivt intestinalt polypeptid⁵ (VIP)), glukagon og veksthormon [8;9]. Veldig mange av studiene utført under tidligere stridskurs, har bestemt disse regulatorene. Har man svikt i et av disse motreguleringshormonene, kan det i noen grad kompenseres av de andre. Hard fysisk anstrengelse fører til at blodsukkeret går ned. Hvis det er utpreget, kan det oppstå symptomer som blant annet redusert mental og fysisk funksjonsevne med mer, noe som reverseres raskt ved tilføring av sukker [8].

Energimangel hos menneske fører til forandringer i metabolsk (energiforbrenningen) og endokrint nivå, både i utskillelse av hormoner fra kjertlene og reduksjon av hormoner og metabolitter (stoffsifteprodukter).

Det er tidligere vist at anstrengelser i forbindelse med stridskurset påvirker de endokrine (cellene og vevene som produserer hormoner) funksjonene med redusert serumnivå av blant annet testosteron, skjoldbruskkjertelhormoner, TSH (tyreoideastimulerende hormon) og prolaktin, og økt nivå av kortisol, og veksthormon [3;13;66;68;69]. Det ble også observert økt nivå av noradrenalin, adrenalin og dopamin [68]. Det er observert at døgnrytmen til flere av disse hormonene er borte under stridskurset. De biologiske døgnrytmene var nesten normale etter 4-5 dagers hvile, men plasmanivået av skjoldbruskkjertelhormonene var lavere under gjenoppbyggingsforsøket enn i kontrollforsøket [9;20]. Studien utført under stridskurset i 1984 viste at konsentrasjonen av skjoldbruskkjertelhormon var tilbake til samme verdi som før stridskurset etter tre uker [69]. Det er indikasjoner på at omdanningen av skjoldbruskkjertelhormonet T4 til T3 i leveren er avhengig av karbohydratmetabolismen, og at optimal ernæring under forlenget hard fysisk aktivitet må inneholde en kritisk mengde karbohydrater (> 100 kcal) for å holde skjoldbruskkjertelhormonene på et tilstrekkelig nivå for å vedlikeholde mental og fysisk ytelse. I tillegg er skjoldbruskkjertelhormonene viktig for å bevare soldatenes kuldeteranse.

⁵ Vasoaktivt intestinalt polypeptid (VIP).

Kadettene "hypothyreose" (nedsatt skjoldbruskkjertelfunksjon) under stridskursene kan bidra til å forklare mange av forandringene i både mental og fysisk funksjon [9]. Hypothyreose øker sensitiviteten overfor kulde.

Skjoldbruskkjertelhormonene er redusert etter stridskurset, og skjoldbruskkjertelen er sterkt påvirket [69]. Normalt er døgnrytmen til disse hormonene liten. Det reduserte nivået skyldes mest sannsynlig matmangel. Det er indikasjoner på at karbohydratmetabolismen er viktig for å opprettholde tyreoidfunksjonen, og at feltrasjonene må inneholde en kritisk mengde karbohydrater (over 100 kcal) for å sikre tilstrekkelig nivå av skjoldbruskkjertelhormonene for å vedlikeholde mental- og fysisk ytelse. I tillegg er dette viktig for å bevare kuldeteranssen. De reduserte konsentrasjonene under stridskurset kan bidra til redusert mental og fysisk ytelse. I tillegg øker faren for generell kroppsnedkjøling (hypotermi) [9].

5.2.3 Matinntak

Opstad rapporterer i sin doktorgrad [9] at ikke bare er mengden, men også matsammensetningen er viktig for mental og fysisk ytelse.

Arbeidsgruppen som jobbet med å finne forebyggende metoder for å hindre fysiske skader i det amerikanske forsvaret [70], kom med understøttende forskningsbevis for at det hadde forebyggende effekt på fysisk skade å spise i løpet av en time etter hard fysisk trening med varighet på over en time. De anbefaler 12-18 g protein og 50-75 g karbohydrater samt å erstatte væsketapet i løpet av en time etter trening. Dette vil fylle opp energilagrene og optimalisere restitusjonen. I tillegg vil det redusere faren for sykdommer som skyldes hypertermi (heteslag, hetekramper og heteutmattelse) og øke den fysiske ytelsen. Bullock et al. rapporterer en kobling mellom mangel på muskelglykogen og markører for skade på musklene, utmattelse og smerter i muskel/skjelett-systemet.

En langvarig negativ ernæringsbalanse er en risikofaktor for stressfrakturer i bena. Ved å gjenopprette glykogenlagrene i musklene synker konsentrasjonen av markører for muskelskade etter fysisk aktivitet.

Tidspunktet for når man spiser i forbindelse med fysisk aktivitet, er viktig. Forskning viser at det beste er å innta næringen umiddelbart etter hard fysisk trening, på grunn av at de metabolske omgivelsene da er optimale for gjenoppbygging av det som ble brukt under aktiviteten. En utsettelse på mer enn én time fører til forsinket gjenoppbygging.

Ernæringsfaktorer som protein, jern, kopper, vitamin B2, vitamin B6, vitamin B12 og folinsyre har også betydning for produksjonen av de røde blodcellene (erytrocyttene) [10]. Det er observert redusert hemoglobin under stridskurset, men det skyldes hovedsakelig effekten av hard fysisk trening [9]. Se også 3.2.3 side 32.

Opstad med medarbeidere undersøkte i 2011 betydningen av et ekstra kveldsmåltid på ca 1000 kcal i form av proteiner, karbohydrater og fett. Data er ikke publisert.

5.3 Noen individuelle resultater

Waldum et al. [6] rapporterer at én forsøksperson under stridskurset hadde et totalt vekttap på 5,5 kg, mens en annen tapte 11,5 kg. Det store vekttapet skyldtes delvis at han var dehydrert på grunn av brekninger og ikke beholdt maten i 1,5 døgn. Waldum mente at kadettene generelt var dehydrerte på grunn av lavt væskeinntak, noe som også ble understøttet av lav urinutskillelse (sjelden over 800 ml pr døgn, mot normalt 1,5 til 2,5 liter). Er man dehydrert eller har økt “tredjeroms vann” etter eks. en skade medfører det redusert blodvolum og dermed økt hjertefrekvens. Den fysiske aktiviteten som kadettene var igjennom under stridkurset i 1973 var ifølge Waldum helt ekstrem, men de greide å gjennomføre aktivitetene til tross for søvn- og matmangel.

5.4 Kroppssammensetning, tap av muskelmasse

Vekt og kroppssammensetning hos militært personell kan endre seg mye i løpet av en øvelse. Bioimpedansinstrument- bioelektrisk impedansanalyse (BIA), er en rask og enkel metode for å måle kroppssammensetning hos mennesker. Denne metoden er benyttet under stridskursene de siste årene. Den måler fettprosent, muskelmasse, mineralnivå, BMI (Body Mass Index), vekt, med mer. InBody 720 er i dag det beste impedansinstrumentet på markedet [71]. Holteberget fant at repeterte målinger med InBody viste god reliabilitet, men sammenlignet med dobbel røntgenabsorpsjonsmetri - DXA (Dual-energy X-ray Absorptiometry) som er referansemetoden for måling av kroppssammensetning og er brukt som ”gullstandard, underestimerte det fettandelen med 2 prosent. DXA brukes mye i forskningssammenheng, men er en metode som er lite egnet for bruk i felt.

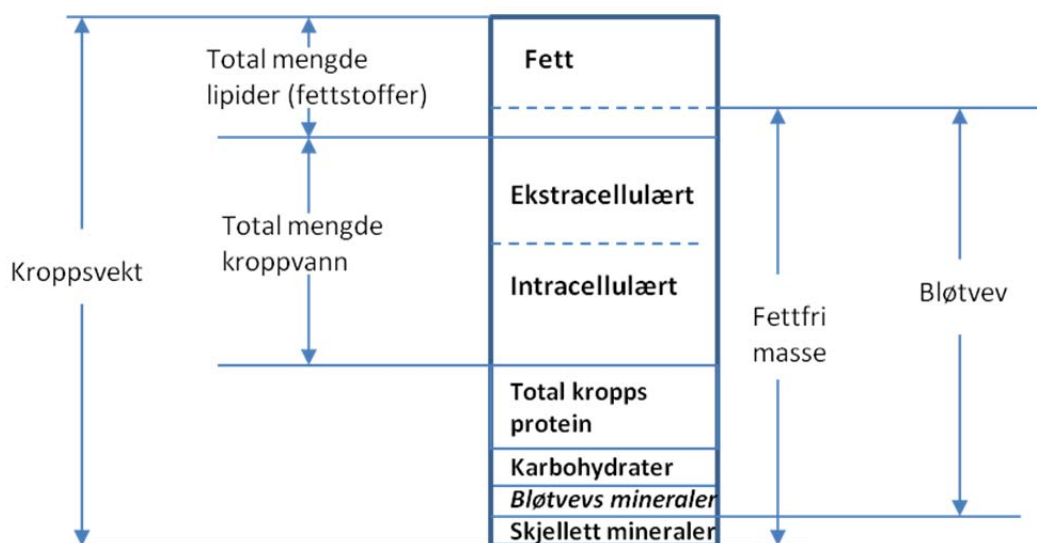
FFI har under studier på stridskursene de siste årene studert tap av muskelmasse og hvordan det kan motvirkes ved ulike typer ernæring [1]. Under stridskurset i 2008/2009 undersøkte Stig Hjelset og Opstad med medarbeidere blant annet forandringer i kroppssammensetning, tap av muskelmasse og ytelse under fysiske tester ved tilførsel av forskjellig type ernæring. Disse resultatene er ikke publisert ennå. Men det er blitt presentert at ulike typer dietter har betydning for tap av muskelmasse, og det ble også påvist en sammenheng med fysisk yteevne (stridsevne). Resultatene viser at økt inntak av proteiner reduserer tap av muskelmasse (0,4 kg versus 1,4 kg) (“upubliserte data fra FFI”).

Kroppssammensetningen ble også målt i forbindelse med studien under stridskurset i juni 2012 med Inbody 720. Disse resultatene vil rapporteres i en masteroppgave av Teien (skal være ferdig mai 2014).

Tap av muskelmasse får konsekvenser for kadettens fysiske yteevne og dermed stridsevnen. Opstad rapporterer i prosjektsluttmeldingen [1] at det er uklart om denne sammenhengen er

lineær. Muskelmassen er kroppens største lager av proteiner, og det er en mulighet for at man kan tåle et vist tap uten at det får dramatiske konsekvenser for yteevnen. Eventuell terskelverdi som skulle tilsvare klinisk signifikans, er ikke kjent.

Fettmasse (FM), det vil si kroppsfett (alle fettkomponenter fra kroppsvæv [72]), mens fettfri masse (FFM) forteller hvor mange kilo av kroppen som ikke består av fett og beregnes ut i fra kroppsvekt minus kroppsfett (alle fettfrie kjemikalier og væv, inkludert vann, muskler, bein, bindevev og indre organer [57;72]) [57]. Fettfri masse er hovedsakelig muskler. Hovedkomponentene i kroppssammensetningen er vist i Figur 5.2.



Figur 5.2 Hovedkomponentene i det molekylære nivået av kroppssammensetningen. Bløtvev er ensbetydende med muskler, sener og leddbånd. Illustrert og oversatt av Teien 2013 etter figur 1.7 fra "Human Body Composition", Chapter 1 "Study of Body Composition: An Overview", (Heymsfield et al. 2005) [73].

Tap av muskelmasse ble under stridskurset i 2005 målt med DXA [65]. I gjennomsnitt mistet kadettene omtrent 10 prosent av kroppsvekten, og det absolutte vekttapet hos menn var større enn hos kvinner. Resultatene viser at både menn og kvinner mistet omtrent 6 prosent fettfri masse, (hovedsakelig muskelmasse), men uttrykt i forhold til prosent av kroppsvekten, hadde mennene et signifikant større tap (Tabell 5.2). Absolutt tap av kroppsfett var ikke signifikant forskjellig mellom menn og kvinner (omtrent 3,4 kg), men mennene hadde generelt større tap i starten av stridskurset enn kvinnene. (Studien har en begrensning på grunn av lav deltagelse av kvinner, kun 6 kvinner deltok).

Tabell 5.2 Endring i kroppssammensetning og kroppsvekt i mannlige og kvinnelige kadetter etter et 7 dagers stridskurs med kontinuerlig fysisk aktivitet og matmangel. Fett masse (FM) det vil si mengde kroppsfett, mens fettfri masse (FFM) forteller oss hvor mange kilo av kroppen som ikke består av fett. Fettfri masse er hovedsakelig muskler. (Fettfri masse = kroppsvekt – kroppsfett). Mineralene i skjellettet utgjør 80 prosent av kroppens totale mineraler. Resultatene er hentet fra tabell 3 i artikkelen ”Negative energy balance in male and female rangers: effect of 7 d sustained exercise and food deprivation”, (Reed W. Hoyt et al. 2006) [65].

	Menn (n=10)	Kvinner (n=6)
FM, fett masse (kg)	2,7-4,2	3,2-3,6
FFM, fettfri masse (kg)	2,9-5,2	1,4-3,7
Kroppsvekt (kg)	6,4-8,6	4,7-7,3
Mengde mineraler i skjellettet (kg)	2,99 ± 6,25	2,1-2,5

Omtrent 50 prosent av det totale fettapet kom fra fettceller på torso, spesielt på magen, mens ekstremitetene var lite utsatt. Dette understøttes av studier utført av Rognum et al. i 1982 ([33] der de målte størrelsen på fettceller hos kadettene fra 3 forskjellige steder på kroppen. De fant en stor reduksjon på magen/buken og rumpa, men ikke i de mer perifere fettcellene i låret. (Den gjennomsnittlige fettcellestørrelsen falt fra 0,34 µg til 0,24 µg).

Opstad rapporterer [9] at de kadettene som deltok i hans studier på 90 tallet, var veltrente og hadde fettlagre (fettmasse) på omtrent 15 til 20 prosent av kroppsvekten, mens en normalpopulasjon ligger på 20 til 25 prosent. For noen av kadettene var fettlagrene nede i 10 prosent. Man antar at fall under 8 prosent vil gå ut over fett som er helt nødvendig for kroppen, spesielt i oppbygningen av cellemembraner, hjerne og nerver. Opstad antar at fettreduksjonen som vises ved nedsatt underhudsfett i hodebunnen og i beinmargen, lett erstattes i gjenoppbyggingsfasen da dette fettene ikke hører til kroppens energireserver [74]. Opstad rapporterer også i prosjektsluttmeldingen [74] at de cerebrale MR-bildene (bilder av hjernen) ikke viser noen strukturelle endringer i hjernevevet verken i hvit eller grå substans som følge av vekttape og reduksjon av kroppens fettlager, men det kan ikke utelukke forandringer i deler av hjernen som ikke vises på bildene.

Andre studier viser at endringer i kroppssammensetning går raskt tilbake. Forandringer i kroppssammensetningen etter en 21 dagers skimarsj over Grønland var gått tilbake fire uker etter ekspedisjonen [75].

5.4.1 Væskebalansen

Vann er den grunnleggende substansen for alle metabolske prosesser i menneskekroppen. Vannbalansen er regulert av hormoner og tilstedeværelsen av elektrolytter, spesielt natrium (Na⁺) og klor (Cl⁻). 45 til 70 prosent av total kroppsvekt består av vann. For eksempel vil en mann som veier omtrent 75 kg med omtrent 60 prosent vann i kroppen, bestå av 45 liter vann. 70 til 75

prosent av muskelmassen består av vann og 10 til 15 prosent av fettvev. Det er ikke mulig å lagre vann i kroppen, og alt overflødig vann vil skilles ut med urinen. Ekstra vann kan foreligge "tredjeroms vann", eks. etter skader. (Kan gi for lite vann intravasalt). Ved dehydrering er det en ubalanse mellom væskeinntak og væsketap. Væske tapes intracellulært fra muskler, ekstracellulært fra rommene mellom celler og fra "rommet" i blodårene. Vannivået bestemmes hovedsakelig av osmotisk trykk. Det er blodtrykket som sammen med osmotisk trykk bestemmer hastigheten for når vann forlater sirkulasjonen og går ut i vevet eller inn i blodstrømmen fra vevet. Ved alvorlig dehydrering får en hemmet metabolisme og varmeutveksling [34;76].

Kadettene har fri tilgang på vann under stridskurset, men Opstad rapporterer at de likevel klager over at de er tørste [20]. Studie utført på slutten av syttitallet [43] viser imidlertid at det kun er små variasjoner i totalt plasma- proteiner, albumin, og plasmavolum. Opstad mener derfor at det ikke er noen grunn til å tro at hormonreduksjonen/fjerningen av androgene hormoner, som testosteron, under stridskurset er påvirket av dehydrering [27]. Opstad viser imidlertid til studier der andre forandringer skyldes dehydrering [9]. Waldum et al. mente i motsetning at kadettene var dehydrert på grunn av lav urinutskillelse (sjelden over 800 ml per døgn, mot normalt 1,5 til 2,5 liter) [6].

6 Termoregulering

6.1 Teoretisk innføring

Termoregulering og kroppens responser på forandring i kroppstemperatur er ganske kompleks. Kjernetemperaturen, det vil si den indre kroppstemperaturen (temperaturen i de dypere vev/organer), er sterkt regulert og har en døgnrytme på $\pm 0,5$ °C til $\pm 1,0$ °C. Avviket denne temperaturen med mer enn 1 °C, vil det ha betydning for både mental og fysisk prestasjonsevnen. Av forbrukt energi er det bare 20 til 30 prosent som omsettes til mekanisk arbeid, det vil si at 70 til 80 prosent går til varme. Kroppen produserer i hvile rundt 80 watt energi. Dette basalstoffskifte kan påvirkes av hormoner slik som skjoldbruskkjertelhormoner og katekolaminer (hovedsakelig adrenalin), men fysisk arbeid er klart mest effektivt. Varmeproduksjonen ved hardt fysisk arbeid kan øke med opptil 10 ganger, altså opp mot 1000 watt [8;9;77]. Skjelving alene kan øke den metabolske hastigheten 3 til 5 ganger [78].

Det er som nevnt mange ting som påvirker de forskjellige prosessene i kroppen. Flere reguleringssystemer virker sammen, ubalanse i ett av dem vil berøre de andre. Effekten de forskjellige stressfaktorene har på termoreguleringen, er uklar. Kravene til termoregulering er betydningsfulle, og prisen for å mislykkes er døden.

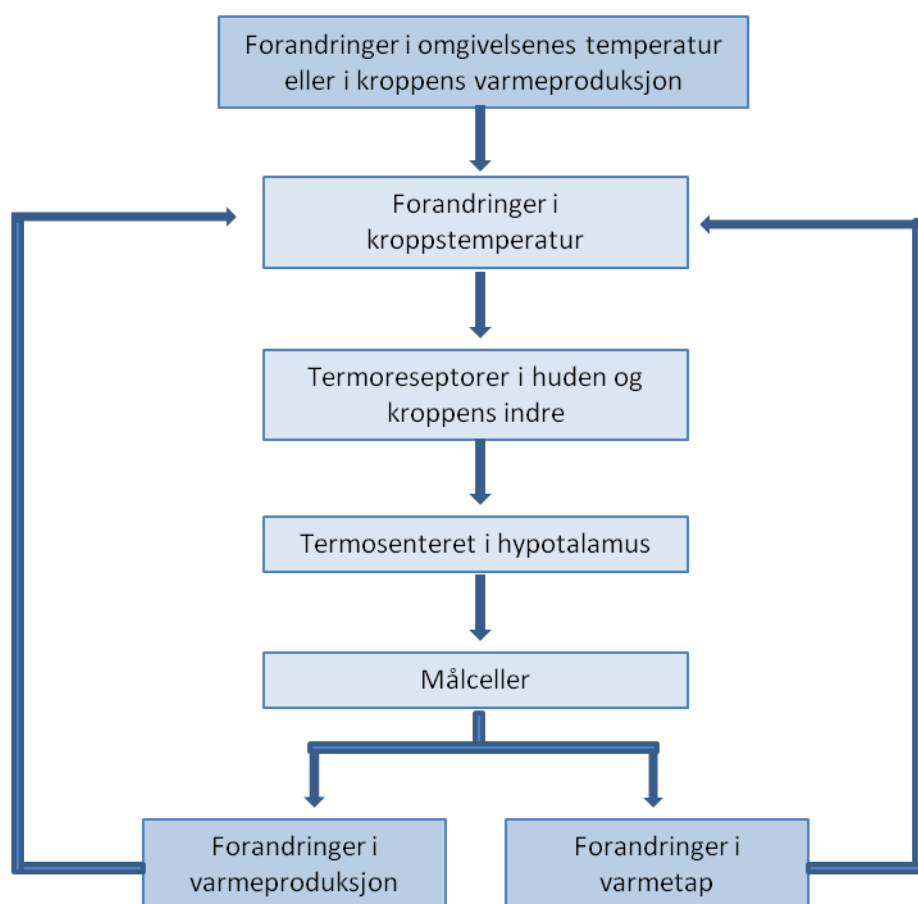
Kroppens toleranse for varmetap er større enn toleransen for varmetilførsel. En stigning på 5 °C tolereres [78], mens man har overlevd et fall i kroppstemperatur helt ned i 13,7 °C [79].

Kjernetemperaturen er i dynamisk likevekt som et resultat av balansen mellom de faktorene som tilfører og de som fjerner kroppsvarme. Denne balansen opprettholdes ved en integrasjon av mekanismer som endrer varmetransporten til huden, regulerer kjøling ved fordampning og varierer kroppens varmeproduksjon (Figur 6.1) [78]. I huden sitter det temperaturfølere som sanser temperaturen i omgivelsene, samtidig som det også er temperatursensorer inne i kroppen og i hjernen (hypotalamus) [4].

Det produseres varme i kroppen ved muskelaktivitet og ved forbrenning av mat, energimetabolismen⁶. Det er blodet som transporterer varmen i kroppen. Hvis varmetilførselen overgår varmetapet, noe som er vanlig ved hard fysisk aktivitet, vil kjernetemperaturen stige. I kalde omgivelser vil varmetapet kunne overgå varmeproduksjonen, og kjernetemperaturen faller. Varmetap har man ved fysiske mekanismer som stråling, ledning og strømning og ved fordampning av vann (svette) fra huden og fra respirasjonsveiene. Det er justeringer av blodsirkulasjonen som står for ”finjusteringen” av temperaturreguleringen i kroppen [78]. Varmestrømning står i hvile for den største delen av varmetapet fra menneskekroppen. Ved hard fysisk aktivitet er svette og avgift av varme via fordampning avgjørende. Faktorene som bestemmer varmetapet, er kroppens overflatetemperatur, lufttemperaturen og lufthastigheten (vind). 50 til 80 prosent av all varme kan bli avgitt ved oppvarming av luften ved kroppsoverflaten, mens varmetapet via stråling ved beskyttelse er 20 prosent eller mindre av det

⁶ Metabolisme er den hastigheten som kroppen forbrenner kalorier for å gi energi.

totale varmetapet. Ca 10 til 15 prosent av det totale varmetapet skjer via respirasjonen (lungeventilasjon). Varmeutvekslingen foregår over hele kroppens overflate. Ekstremiteter og utstikkende deler av kroppen, nese og ører, er imidlertid spesielt utsatt for større varmetap. Blodtilførselen til hodet blir ikke redusert ved eksponering for kulde og kan avgi store mengder varme. Holmør gir et eksempel på at ved $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vil en person i hvile uten tilstrekkelig bekleddning kunne tape mer enn 50 prosent av all varme fra et ubeskyttet hode [80].

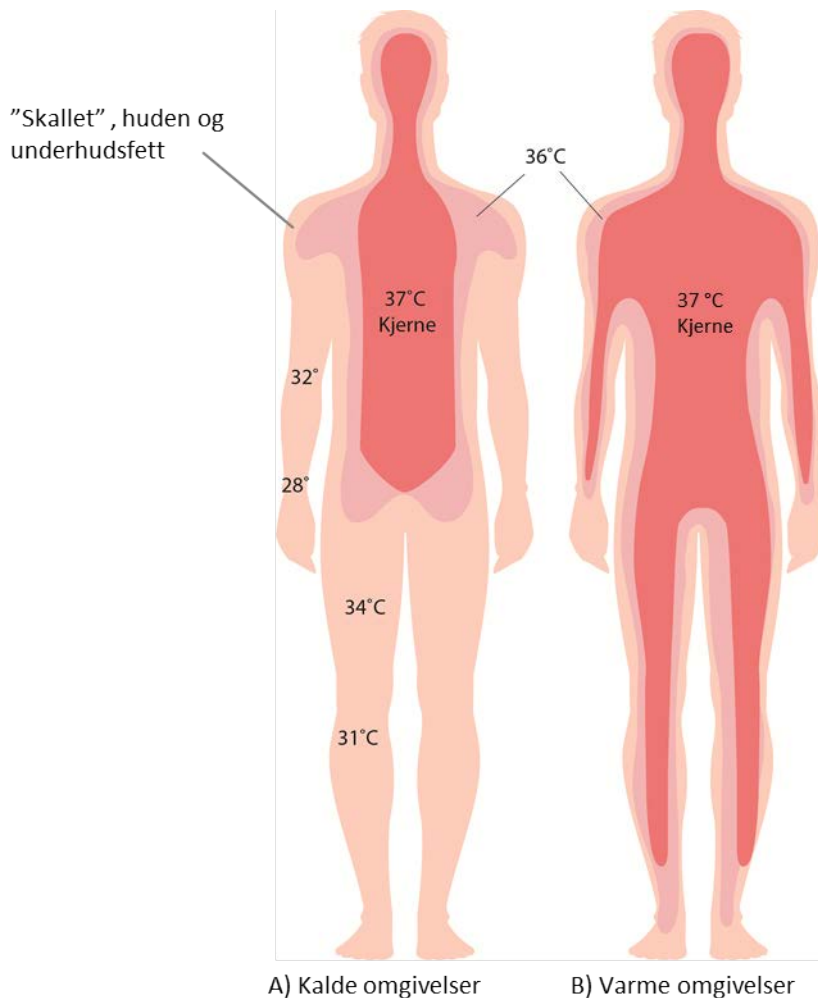


Figur 6.1 Regulering av kroppstemperaturen. (Illustrert av Teien etter Kari C.Toverud, "Menneskets fysiologi" [10].

Den kritiske omgivelsestemperaturen for en moderne europeer eller amerikaner er ifølge Hammel mellom 27 og $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ [81]. Denne omgivelsestemperaturen kalles termonøytral temperatur. (Opstad refererer til at denne termonøytrale temperaturen er mellom 28 - $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [9]). En slik omgivelsestemperatur vil føles behagelig, verken varm eller kald, avhenger av fuktigheten i luften. Med en kjernetemperatur på $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ og ved en termonøytral omgivelsestemperatur har man en hudtemperatur på rundt $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ved en slik temperatur kan kroppen kvitte seg med varmen som produseres i hvile, uten å måtte ta i bruk svetting, og bare en liten prosent av blodet trenger å pumpes igjennom huden [9;77]. Ved lavere temperaturer vil kroppen raskt aktivere mekanismer for å lagre (sammentrekning av blodårene i huden) og produsere varme (skjelving og ikke-skjelvings termogenese) [82]. Det betyr at et hvilende nakent menneske i stille luft vil begynne å skjelve for å kompensere for varmetapet hvis omgivelsestemperaturen er under ca $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Varme

blir konservert ved raskt å føre blodet dypt til organene i bryst- og bukhule, deler av muskelmassen og sentralnervesystemet. Dette optimaliserer isolasjonen fra underhudsfettet og andre deler av "skallet" (huden og underhudsfettet) til kroppen, se Figur 6.2. Omvendt, når den indre varmen blir i overskudd, vil blodårer i huden utvide seg, og varmt blod blir transportert til den kjøligere periferien (huden) [10].

Drivkraften for å opprettholde en termisk balanse er så sterk at den kan fremkalle et oksygenopptak på 1000 ml per minutt ved skjelving i sterk kulde. Muskelskjelvingene kan øke varmeproduksjonen i en begrenset periode med ca 5 til 6 ganger [78].



Figur 6.2 Kjernetemperatur og hudtemperatur ved forskjellig omgivelsestemperatur. Ved kalde omgivelser reduseres blodstrømmen ut til "skallet" for å hindre varmetap, mens ved varme omgivelser eller økt kjernetemperatur økes blodstrømmen ut til periferien for å kvitte seg med overskuddsvarme. Termonøytraltemperatur for et nakent menneske er ca 30 °C. Hudtemperaturen kan variere mellom 20-40 °C [83]. (Illustrasjon FFI).

I hjernen finner vi hypothalamus, det koordinerende senteret for forskjellige termoreguleringsprosesser og kroppens "termostat". Termostaten er normalt satt til og nøye regulert ved $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, og temperaturer utenfor dette "set-pointet" vil føre til at kroppens termoreguleringsystemer aktiveres [78].

Eksistensen av en termostat er vidt akseptert, men veldig vagt definert. Kroppens termostat kan sammenlignes med den som finnes på en panelovn, og den fungerer på omtrent samme måte, men er bare mye mer fininnstilt. Stiller man termostaten på panelovnen på 22 °C, vil ovnen skru seg på om det blir kaldere i rommet, og ovnen vil skru seg av om omgivelsestemperaturen er over 22 °C.

6.2 Nedsatt kjernetemperatur hos kadetter under stridskurset

Opstad med medarbeidere [4] utførte i 1991 en studie under stridskurset der det ble påvist at kadettene hadde redusert kjernetemperatur til tross for økt varmeproduksjon og økt hudtemperatur. Det ble rapportert at dette muligens kunne skyldes at termostaten "set-point" var nedsatt. Kroppen har som nevnt et veldig snevert område for forandringer i kjernetemperaturen (dyp kroppstemperatur), og selv små avvik vil utløse reflekser med sikte på å kvitte seg med overskuddsvarme eller hindre tap av varme. Normalt vil det være slik at hvis kjernetemperaturen faller, vil også hudtemperaturen være redusert på grunn av at blodstrømmen ut til huden er nedsatt for å øke isolasjonen mellom omgivelsene og den indre kjernen i kroppen. Det er kun utført denne ene studien med temperaturregistrering under stridskurset der resultatene er rapportert. I oversiktsartikler av litt nyere dato [50;84] argumenterer man for at den observerte reduserte termostattemperaturen i dette studiet utført av Opstad i 1991 ikke var åpenbar, og at den reduserte kjernetemperaturen ikke skyldtes nedsatt "set-point", men snarere søvnmangel og utmattelse på grunn av kontinuerlig hard fysisk aktivitet. FFI ønsket å repetere forsøket utført i 1991 for å undersøke om man nå fant et tilsvarende resultat og om mangel på ernæring kan forklare en eventuell endring i termoregulering under stridskurset. En ny studie ble utført under stridskurset i 2012 av Opstad og Teien. Disse resultatene vil legges frem i en masteroppgave utført av Teien, planlagt ferdig i mai 2014. Uansett hva som er den bakenforliggende årsak til at kadettene hadde nedsatt kjernetemperatur samtidig med økt hudtemperatur, vil man med redusert kjernetemperatur være mer utsatt for hypotermi (generell nedkjøling). Den økte hudtemperaturen på hendene kan være positiv ved at den hindrer at man får lokale frostskafer siden man har bedre blodgjennomstrømming, men det negative er at det øker varmetapet.

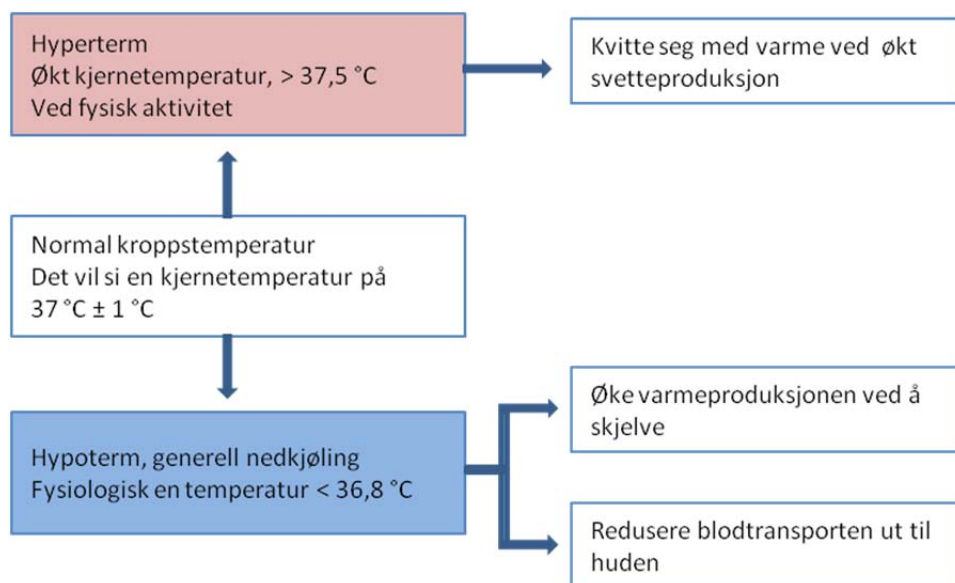
Andre studier rapporterer også om redusert kjernetemperatur kombinert med høyere middel hudtemperatur etter forlenget hard fysisk aktivitet koblet med søvn og ernæringsmangel (< 4 timer med søvn og ca 4100 kcal). De rapporterer at en kort periode med hvile, søvn og ernæring gjenopprettet den termogenetiske responsen til kulde, mens den termiske balansen i kulde først ble gjenopprettet når vevisolasjonen var gjenopprettet, det vil si når soldaten hadde kommet opp i sin normale vekt [84]. Ainslie med medarbeidere spekulerte i om lavere blodsukker som følge av begrenset kaloriinntak under en fjellvandringsstudie kan ha forårsaket økt perifer blodstrøm og fremmet varmetap [85], men Castellani rapporterer at de ikke fikk liknende resultater og at det var lite sannsynlig at det var tilfellet [86].

Redusert kjernetemperatur kan bli sett på som en overlevelsesstrategi i situasjoner med begrenset næring. Det kreves mye energi for å opprettholde en kjernetemperatur som er høyere enn omgivelsestemperaturen.

Reduksjon av kjernetemperaturen er en effektiv måte å spare energi på, og reduksjon i kjernetemperaturen opprettholdes av en reduksjon i metabolsk hastighet (reduisert stoffskifte) [87].

6.2.1 Adaptasjoner til forskjellig omgivelsestemperatur

Menneskets adaptasjoner til kronisk kulde er mer beskjeden og mindre forstått enn de tilpasninger som foregår ved kronisk varme [88]. Når hender og føtter gjentatte ganger blir utsatt for kulde, fører det til økt blodstrøm gjennom disse områdene når de på nytt blir utsatt for ekstrem kulde. Kroppen har mye mindre evne til å adaptere seg fysiologisk til forlenget kulde- enn til forlenget varmestress [78].



Figur 6.3 **Kroppstemperatur.** Normal kroppstemperatur vil si en kjernetemperatur på tilnærmet 37 °C. Den indre kroppstemperaturen er sterkt regulert og avviker denne temperaturen med mer enn 1 °C vil det ha betydning for både mental og fysisk prestasjonsevne (Opstad 1995) [9]. Når varmetapet blir større enn varmeproduksjonen, synker kroppstemperaturen, mens motsatt når varmeproduksjonen blir større enn varmetapet øker kroppstemperaturen. Fysiologisk er hypotermi en kjernetemperatur under 36,8 °C, mens klinisk er hypotermi definert til en kjernetemperatur under 35 (eller 36) °C. Hypertermi er definert som kjernetemperatur på over 37,5 °C. ("Exercise Physiology", McArdle et al. 1991) [78]. (Illustrasjon Teien 2013).

Endring av adferd er den viktigste adaptasjonen for voksne mennesker. Eksempel på adferds adaptasjon er frivillig muskelaktivitet for å øke metabolsk varmegenerering, eller at man regulerer beklædningen og/eller romtemperatur. Opstad rapporterer at soldatene under stridskurset har liten mulighet til å regulere beklædningen, og at alle soldatene blir utrustet med samme beklædning og sekk [9]. Siden den individuelle termoreguleringsresponsen er forskjellig, kan dette medføre at enkelte soldater vil bli overopphetet eller nedkjølt. Soldatene må i tillegg tørke våte klær på

kroppen, og det medfører varmetap. Kadetter bar under stridskurset i 2012 på en stridssekk med en ekstra ullfrottégenser, refleksvest, feltspade, 3 liter vann og Jervenduk og lignende (personlig meddelelse 2013). Under myrøvelsen på slutten av kurset ligger det klar en uniform som de kun bruker til dette momentet. Etterpå bader alle i elva og tar på samme uniform som tidligere. Personlig erfaring hos kadettene er at de er veldig kalde etterpå. De forteller også at de i starten av stridskurset kan gå i t-skjorte uten å fryse, mens de på slutten av stridskurset fryser selv med ullfrotté.

Ifølge Holmér [80] vil variasjoner i aktivitetsnivået i korte perioder kreve betydelig justering av bekleddingen for å hindre overoppheting under hardt arbeid, og likeledes avkjøling under lettere arbeid. I ekstreme tilfeller må klærne tas av og tas på.

Den atferdsmessige reguleringen når man er kald, ville ha vært å forlate området og ta på mer klær. Bekleddingens oppgave er å gi optimal beskyttelse og sørge for å ivareta den termiske balansen [14], og det er den viktigste faktoren for å hindre varmetap i kalde omgivelser [80]. Kapasiteten klærne har til å redusere varmetapet, er bestemt av deres termiske isolasjonsegenskaper. Ifølge Holmér vil kravet til isolerende bekledding ved lav aktivitet kunne være så stort at tilgjengelig tøy ikke vil være tilstrekkelig for å opprettholde varmebalansen når det er svært kaldt. Under slike forhold blir lokal avkjøling et betydelig tilleggsproblem og håndbeskyttelsen og fottøyet klarer ikke å forhindre at ekstremitetene blir gradvis kaldere.

Det er under stridskurset observert at kjernetemperaturen, det vil si den dype kroppstemperaturen, er redusert, samtidig med at hudtemperaturen er økt [4]. Konsekvensen av dette er at kadettene antakeligvis er mer utsatt for hypotermi (generell nedkjøling), mens de er mer beskyttet mot lokale frostskafer.

Opstad rapporterer i sin doktorgrad [9] at de har observert flere tilfeller med hypotermi hos kadettene der de fremdeles var ved bevissthet og kunne gå, men at de var lite samarbeidsvillige, mentalt forandret og ikke til å stole på.

Betydningen av hypotermi kan være katastrofal. Det har skjedd dødsfall under militærøvelser i USA som følge av hypotermi. Flere studenter som deltok i et 9 ukers treningskurs i regi av "United States Army Ranger School" under felttrening i et myrterreng i Florida i februar i 1995, led av hypotermi, noe som viste seg å være dødelig for fire av dem [84].

6.3 Hypotermi

Effekten av kulde på mennesker er mest sannsynlig best dokumentert i årbøker med militærhistorie. Det er beskrevet mange slag hvor et stort antall soldater døde som følge av vinterkulde. Et eksempel er Krimkrigen i 1845-1855 der mer enn 1000 franske soldater døde i skyttergravene som følge av kulde. I den 2. verdenskrig led minst 100,000 tyskere og 90,000 amerikanere av kuldeskafer. Ved Goose Green i Falklandskrigen i 1982 falt temperaturen på nettene ned til -4 °C, og det resulterte i mange tilfeller med generell nedkjøling (hypotermi), lokal

nedkjøling, frostskafer og skyttergravsfot (en tilstand med store smerter i føttene som en følge av lang tid med beinene i vann, gjørme etc.). Hypotermi forekommer i mange forskjellige lokalisasjoner og i alle sesonger av året [89]. Utsiktet hypotermi er en trussel mot liv og helse, noe som spesielt gjelder ved tap av utstyr, i situasjoner som kommer ut av kontroll og i forbindelse med ulykker [49]. Klinisk er hypotermi vanligvis definert som en kjernetemperatur under 35 (eller 36) °C, noe som representerer et fall på 2 °C i forhold til normal kroppstemperatur [90], men fysiologisk er hypotermi en kjernetemperatur under verdien som typisk er observert under aktive faser, det vil si en temperatur under 36,8 °C. Når varmetapet blir større enn varmeproduksjonen, synker kroppstemperaturen. Hos voksne friske personer kan alvorlig hypotermi skyldes en kombinasjon av mangelfull påkledning, lav temperatur og sterk vind. Mange av drukningsulykkene skyldes hypotermi. Fordi vann leder varme svært godt, har man et nettotap av varme selv ved maksimal muskelskjelving dersom vanntemperaturen er under 20 °C. Ved hypotermi avtar hastigheten av alle cellefunksjoner, og nervesystemet påvirkes tidligst. Stoffskiftet reduseres og dermed også behovet for oksygen. Effekten av kroppens termoregulering avtar når kroppstemperaturen faller under 33-34 °C, og ved 27-30 °C tapes bevisstheten. Det finnes mennesker som har overlevd situasjoner der kroppstemperaturen har vært helt ned i 17-18 °C [10]. Hypotermi blir ofte kategorisert som mild, moderat eller alvorlig [90]. Symptomene på hypotermi kan variere betydelig fra person til person selv ved samme kjernetemperatur. Tidlige symptomer på hypotermi inkluderer det å føle seg kald, skjelving, likegyldighet og sosial tilbaketrekning. Mer tydelig hypotermi vises som forvirring eller tretthet, utydelig tale, og endret oppførsel [91]. Alvorlig hypotermi er assosiert med forstyrrelser i hjerterytmen, noe som krever umiddelbar behandling med oppvarming og gjenoppretting av normal temperatur. Gjenopplivning har vært suksessfull med kjernetemperatur helt ned i 13,7 °C [79]. Forskning har dokumentert at termoreguleringsresponsen (skjelving og sammentrekking av blodårer) er nedgradert etter perioder med fysisk utmattelse og forlenget utsettelse for kulde, noe som øker faren for hypotermi. Denne nedgraderte termoreguleringsresponsen har Castellani med medarbeidere kalt "termoregulerings utmattelse" [52]. Castellani rapporterer i sin oversiktsartikkel at faktorer som fører til utmattelse av termoreguleringen, er at personene tidligere er utsatt for fysisk aktivitet, repetert utsettelse for kulde og fysisk utmattelse. Det er også ting som tyder på at søvnmangel og kalorimangel med og uten hypoglykemi kan være tilleggsfaktorer for utmattelse av termoreguleringen. Alle disse faktorene er til stede under stridskurset. Ifølge Opstad [49] har norske soldater i praksis greid seg bra under vinterforhold. Det kan skyldes at vi gjennom generasjoner har måttet lære oss å takle vinterklima, og friluftsliv har også vært en del av den norske kulturen. Erfaring med kystjegere og kadettene under stridskurs viser at to faktorer særlig er viktig for å unngå kuldeskafer, nemlig utstyret og kunnskap om adferd i kaldt klima. I en artikkel i Aftenposten 17. mars 2013 [92] refereres det til oberstløytnant Jo Gunnar Ellevold ved Forsvarets vinterskole at Hæren har hatt svært mange frostskafer de siste årene.



Figur 6.4 Krigsskolens stridskurs. Foto Forsvaret/Torgeir Haugaard 1999.

Symptomene på generell nedkjøling (hypotermi) varierer fra person til person, selv ved samme kjernetemperatur. Tidlige symptomer inkluderer det å føle seg kald, skjjelving, likegyldighet og sosial tilbaketrekking. Ved dypere hypotermi ses forvirring eller tretthet, utydelig tale, og en forandring i oppførsel. Multistress, som soldatene utsettes for under stridskurset, fører til redusert termoreguleringsrespons med større fare for hypotermi.

6.3.1 Kulde og ytelse

Nedkjøling påvirker menneskets yteevne (sensoriske, kognitive (årvåkenhet, oppfattelsesevne, evne til å ta beslutninger, hukommelse, problemløsning) og motoriske funksjoner). For optimal ytelse er det viktig at sirkulatoriske (blod, blodårer og hjertet), respiratoriske og endokrine funksjoner samt god energi- og væskebalanse understøtter musklenes og nervernes funksjoner [93]. Nedkjøling av kroppen påvirker utholdenhet, muskelstyrke, kraft, hastighet og koordinering, og den manuelle ytelsen reduseres. De motoriske ferdighetene påvirkes, noe som kan redusere oppgaver som gjøres med hendene. I tillegg kan ubehag med lokal nedkjøling påvirke konsentrasjonen [14;93]. Færevik skriver i sin presentasjon at kulde kan skjerpe konsentrasjonen inntil et visst nivå. Den kognitive ytelsen kan påvirkes, men avhenger av kompleksiteten til oppgaven [14]. Muskulær aktivitet kan enten være dynamisk (synlige bevegelser) eller isometrisk (ikke-synlige bevegelser). Generelt vil evnen til å utføre dynamisk aktivitet lettere forstyrres ved avkjøling enn isometrisk aktivitet. Avkjøling reduserer synlig muskelbevegelse med 2 til 10 prosent per grad celsius reduksjon i muskeltemperatur [93].

Tabell 6.1 Effekten av hudtemperatur på manuell ytelse, funksjon og følsomhet. Kritisk temperatur for taktil sensitivitet er 6-8 °C. (Tabellen er skrevet av og hentet fra Tabell 2, kapitel 3, Håndbok for arbeid i kulde, (Hassi et al. 2002)[93].

Lokal hudtemperatur (°C)	Effekt av temperatur på manuell funksjon
32 - 36	Optimal tempertur
under 32	Reduksjon i følsomhet for ujevnheter i kontaktoverflate
28 (muskel)	Reduksjon i muskelkraft
20 - 27	Reduksjon i nøyaktighet og utholdenhet
12 - 16	Reduksjon i manuell ferdighet
16	Smerte (for avkjøling av hele handa)
10	Smerte (avkjøling av mindre områder)
8	Tap av sensitivitet
6	Nerveblokkering
6-7	Tap av følelse

Ifølge Hassi et al. [93] er ”manuell ytelse en motorisk ferdighet som bestemmes av bevegelsesevnen for arm, hand og fingre, og muligheten til å manipulere objekter med hand og fingre”. De viktigste elementene er reaksjonstid, følsomhet, nerveledningshastighet, grepsstyrke, utholdenhet og mobilitet. Avkjøling påvirker disse elementene på forskjellige måter. Kritisk hudtemperatur for taktil sensitivitet er 6-8 °C hvor nervene slutter å formidle informasjon (Tabell 6.1), mens reduksjon i manuell ferdighet vil kunne forkomme ved en muskeltemperatur på 28 °C (Tabell 6.2).

Tabell 6.2 Kritiske temperaturer for forskjellige vev hvor markerte reduksjoner i manuell ferdighet kan forekomme. (Tabellen er skrevet av og hentet fra Tabell 3, kapitel 3, Håndbok for arbeid i kulde [93]. Tabellen er også presentert i NATO håndboken ”Handbook on predicting responses to cold exposure” [94].

Temperatur (°C)	Vev
20	Nerver
10	Reseptorer
24	Ledd
	Muskler
38	• Dynamisk kraft
28	• Utholdenhet
28-38	• Statisk kraft
28	• Statisk utholdenhet
15	Hud, Lokal

Nato har laget en håndbok [94] som oppsummerer forskning utført på menneskers respons på utsettelse for kulde, med spesielt fokus på hender siden de er veldig viktige og sårbare i de fleste militære operasjoner i kaldt vær. Det er et hovedfokus på reaksjonstid, sensitivitet, styrke og bevegelse. Det rapporteres at bevegeligheten til fingrene hovedsakelig bestemmes av bevegeligheten til leddene, som påvirkes sterkt av kulde. Fingerferdigheten påvirkes sterkt av omgivelsestemperaturen så vel som temperaturen hos personen. Det ser ut til at kjernetemperaturen og middelhudtemperatur spiller en mindre rolle for fingerferdighet sammenlignet med hånd- og fingertemperaturen. Er den lokale hudtemperaturen over 15 °C, er det en minimal reduksjon i ytelse. Under 10 °C blir det umulig å utføre de fine bevegelsene. Dette samsvarer med det Hassi rapporterer.

Opstad observerte nedsatt mental og fysisk ytelse hos kadettene under stridskurs [28;49], men rapporterer at dette hovedsakelig skyldes søvnmangel. Bahr et al. [7] har påvist at mekanisk effekt for hele kroppen er signifikant redusert under stridskurset, som følge av stressforholdene forårsaket av et konstant tillegg til den metabolske hastigheten. Det er mulig at reduksjonen i mekanisk effekt kan forklare redusert ytelseskapasitet som er sett hos toppidrettsutøvere. Stressituasjonen for kadettene er lik den som hos toppidrettsutøverne utsettes for.

6.4 Kuldeskader

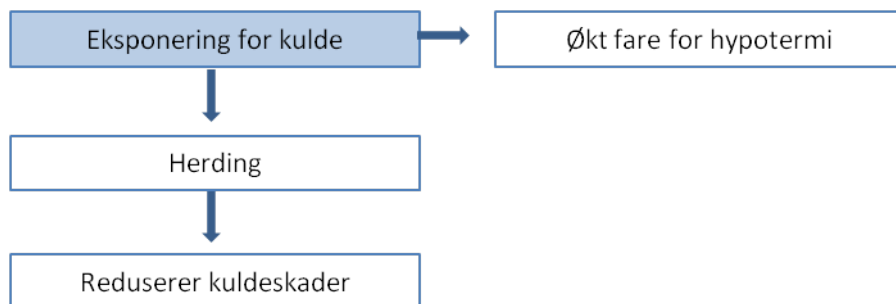
Kuldeskader omfatter frostskader, hypotermi (kroppstemperatur under 35 °C) og andre skader som er koblet til avkjøling av menneskekroppen [93]. Kuldeskader oppstår i vev som har en temperatur på under 15 °C over en tid. Ved frostskader (lavere enn -2 °C i vevet) fører iskrystaller i cellene til mekaniske og osmotiske skader. Jo lavere temperatur vevet i huden får, jo kortere tid skal det til før skader oppstår. Ulikt vev har også ulik følsomhet for kulde. Det er i tillegg store individuelle forskjeller, noe som gjelder både arvelige forhold, tidligere sykehistorie og en persons oppførsel [95]. Eksempler på faktorer som kan øke risikoen for frostskader, er økt individuell kuldesensitivitet, Reynauds syndrom⁷, utilstrekkelig bekledning, utmattelse og dårlig ernæring [93]. Personer som tidligere har vært utsatt for kuldeskader, er mer utsatt enn andre.

Frostskader forekommer vanligvis i de perifere deler av kroppen som hoderegion, hender og føtter. Men ørene er f.eks. nesten dobbelt så utsatt som nesen og kinnene. Hoderegionen utsettes oftest for lettere frostskader, mens skader på hender og føtter oftere er så alvorlige at de krever medisinsk behandling. Frostskader kan sammenlignes med brannskader når det gjelder umiddelbare konsekvenser. Hassi rapporterer [93] at de vanligste ettervirkningene av frostskader er lokal overfølsomhet for kulde, smerter i det skadete området, kuldeinduserte følelser og forstyrrelser i den muskulære funksjonen. Forstyrrelser i produksjonen av svette kan også forekomme.

⁷ Reynauds syndrom er en uforholdsmessig sterk, reversibel konstriksjon av blodårene i fingre som respons på kuldeeksponering. Blodtilførselen til fingre og tær blir betydelig redusert [93]

Lokale kuldeskader har forekommet i mange militære konflikter, og historien viser at kulde kan være en farlig fiende på lik linje med en moderne velutrustet hær [96]. Lokale kuldeskader er stadig et problem ved militære operasjoner eller trening i kjølige og fuktige omgivelser til alle årstider [1]. En fullt utviklet kuldeskade kan gi varig nerveskade med plagsomme kroniske smerteopplevelser og overfølsomhet for kulde. Behandlingen er krevende og virker kun på symptomene [1]. Opstad rapporterer [95] at i januar 1998 ble 26 kystjegere utsatt for kuldeskader, og 2 måneder etter skaden var bare 7 av dem symptomfrie. Det ble registrert en gradvis bedring i de to påfølgende årene, men deretter var det ingen ytterligere bedring. Tvert om var det tegn til at symptomene forverret seg etter som tiden gikk. Ifølge Opstad utviklet 7 av de 26 kystjegerne kroniske kuldeskader [95].

FFI har kartlagt kuldeskader og sett på hvordan senskader kan forebygges og behandles. I laboratorieforsøk er hudceller fra menneske (HaCaT-celler) utsatt for lave temperaturer. Ved gjentatte ganger med kuldeeksponering vil kroppen lage ”heat-shock” proteiner som er med på å øke cellenes evne til å tåle kuldebelastninger (”herding”, illustrert i flytdiagram Figur 6.5) [1].



Figur 6.5 Det er vist at gjentatte eksponeringer for kulde herder og reduserer kuldeskadene (Opstad 2011) [1]. (Illustrasjon Teien 2013).

Forholdsregler for å unngå frostskader

Godt utstyr og solide kunnskaper om adferd i kaldt klima er avgjørende for å unngå frostskader. Men det hjelper lite med verdens beste utstyr hvis man ikke vet hvordan det skal brukes. Flere individuelle faktorer kan gjøre en person mer disponert for frostskader enn andre. Disse faktorene kan være knyttet både til kroppslige karakteristika og oppførsel.

Personer som tidligere har vært utsatt for kuldeskader, er mer utsatt dersom de utsettes for en ny belastning. De vanligste seinvirkningene av frostskader er lokal overfølsomhet for kulde, smerter i det skadde området, kuldeinduserte følelser og forstyrrelser i den muskulære funksjonen. Kraftig svetting også kan forekomme.

6.4.1 Redusert blodstrømrespons i ekstremiteter (hender, bein, føtter)

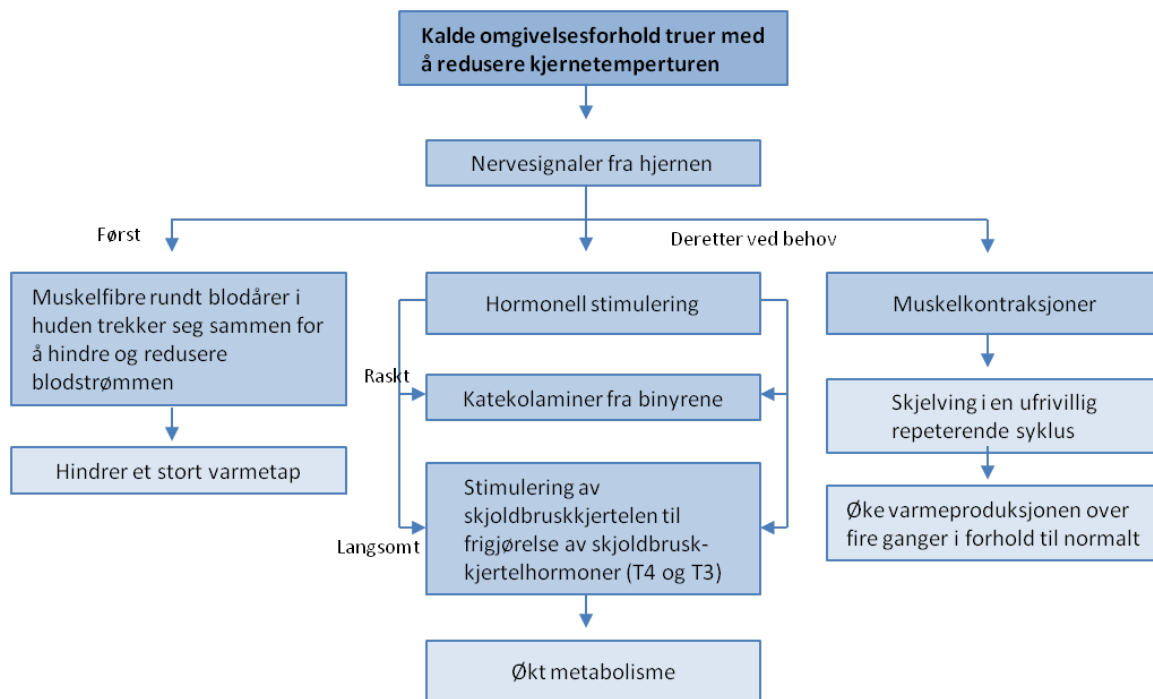
Redusert sammentrekning av blodårene i hender, bein og føtter ved kulde kan skyldes forhøyet sirkulasjonen av noradrenalin, noe som Castellani med medarbeidere observerte etter tre og sju dager med sammenhengende fysisk aktivitet [86;97]. Castellani refererer til at Opstad [98] observerte en høyre sirkulasjon av noradrenalin etter stridskurset og at Young med medarbeidere [84] rapporterte lignende effekter hos soldater etter "Ranger School". Stimulering av adrenalinreseptorene er tenkt å være den primære mekanismen som induserer sammentrekningen i blodårene i kulde. Dyremodeller har vist at sensitiviteten til adrenalinreseptorene blir redusert av kronisk forhøyet noradrenalinivå, og lignende effekter er foreslått hos mennesker.

6.5 Redusert funksjon i skjoldbruskkjertelen (tyreoidea) under stridskurset

Det er ved flere tidligere studier under stridskurset observert en reduksjon i skjoldbruskkjertelhormonene, og funksjonen i kjertelen er sterkt redusert [9]. Disse hormonene er som nevnt viktige for varmeutvikling. Både oksygenopptak og varmeproduksjon er følsomme for små endringer i funksjonen til skjoldbruskkjertelen. Ved nedsatt funksjon må mekanismene for kuldeadaptasjon bli aktivert tidligere og sterkere enn ved høy funksjon, der tilpasningen skjer senere og er mindre fremtredende [25]. Ved temperaturfall øker produksjonen av disse hormonene i skjoldbruskkjertelen. Det skyldes en respons fra kroppen for å motvirke temperaturfallet, og disse hormonene øker stoffskiftet i flere organer (Figur 6.6) [26]. Se innledende fakta kapittel 2.2.2 side 21 for mer detaljert informasjon om skjoldbruskkjertelhormoner.

Dårligere yteevne ved mangel på skjoldbruskkjertelhormoner

Det er under stridskurset observert en reduksjon i skjoldbruskkjertelhormoner, og funksjonen til skjoldbruskkjertelen er sterkt påvirket. Disse hormonene er viktige. Oksygenopptak og produksjon av varme er følsomme for små forandringer i funksjonen til skjoldbruskkjertelen. Ved temperaturfall økes produksjonen av skjoldbruskkjertelhormoner, som igjen fører til økt forbrenning i kroppen for å kompensere for varmetapet. Under stridskurset har man en regelmessig reduksjon i skjoldbruskkjertelhormonene for hver dag som går. Ved mangel på disse hormonene blir reflekser i kroppen langsommere, noe som igjen medfører at yteevnen blir dårligere. Det er ikke klart hvilke av stressfaktorene som er ansvarlig for den reduserte funksjonen, men mye tyder på at mangel på ernæring spiller en vesentlig rolle. Se kapittel 5.2



Figur 6.6 Normale reaksjoner i kroppen når man utsettes for kalde omgivelser er vist i flytdiagrammet. Under stridskurset er det observert forandringer i disse normale reaksjonene. Det observert en redusert kjernetemperatur til tross for økt varmeproduksjon og økt hudtemperatur, og det er observert en regelmessig reduksjon i skjoldbruskkjertelhormonene for hver dag som går. Ved mangel på disse hormonene blir reflekser i kroppen langsommere. Langvarige perioder uten mat påvirker for eksempel frigivelsen av hormoner. Blant annet er katekolaminnivået påvist ekstremt høyt under stridskurset, 5-6 ganger høyere enn normalt. (Illustrasjon Teien 2013).

7 Betennelse, belastningsskader og mageproblemer

7.1 Teoretisk innføring

Betennelse er kroppens reaksjon på en infeksjon eller skade, eller begge deler [10]. Overtrening skyldes en ubalanse mellom trening og hvile [99] og er en tilstand som gjør at funksjonsevnen synker i lang tid [15]. Behandlingen på overtrening er hvile og restitusjon og kan ta fra uker til måneder. Man definerer ifølge Bahr et al. gjerne overtrening som ”en ikke planlagt reduksjon i prestasjonsevne i fravær av påviselig organisk sykdom og på tross av normalt eller økt treningsnivå” [99].

For å optimalisere formen legger mange toppidrettsutøvere inn perioder med store og intensive treningsmengder kombinert med utilstrekkelig hvile. Det fører ofte til at prestasjonene på kort sikt synker, og det tar ofte flere dager å gjenvinne det tapte. Selve formålet med dette treningsopplegget er at kroppen under restitusjon skal ”overkompensere” slik at yteevnen deretter når en kortvarig topp. Varer denne ubalansen mellom trening og hvile for lenge, kan konsekvensen i stedet bli overtrening [15]. Man skiller mellom akutt og kronisk overtrening, der akutt overtrening inntreffer etter en periode på noen dager inntil et par uker med svært store treningsdoser. Ved akutt overtrening oppnår man full restitusjon og en formtopp etter noen dager med hvile. Kronisk overtrening er en tilstand hvor man ikke oppnår full restitusjon etterpå og hvor prestasjonsevnen er redusert selv etter hvile [99]. Se faktaboks neste side for symptomer og tegn på overtrening.

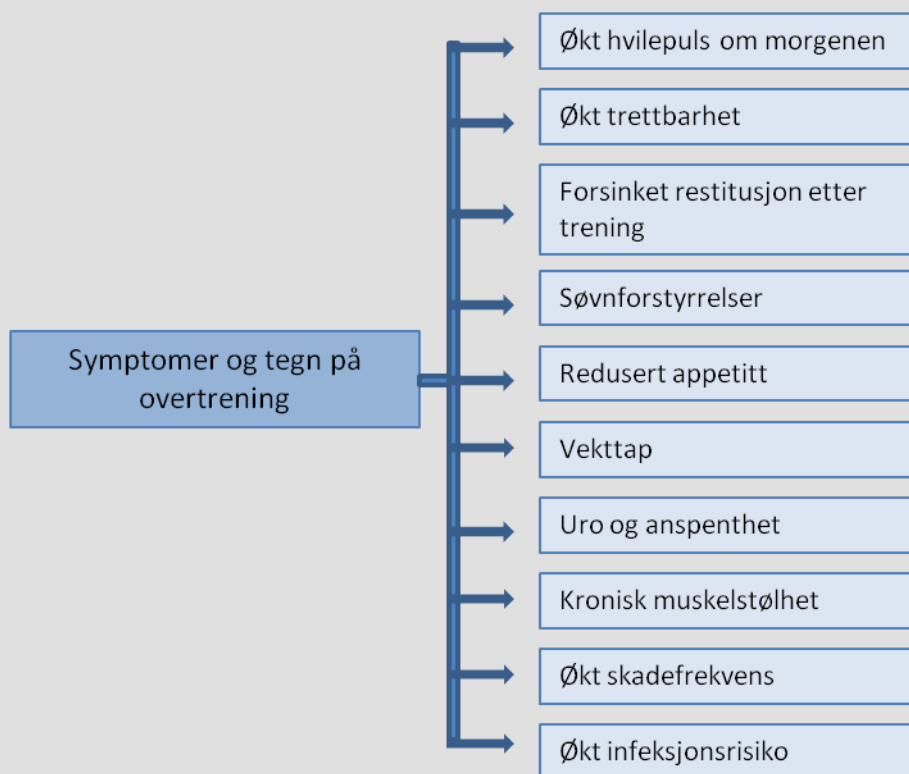
Normalt øker regelmessig og moderat fysisk aktivitet resistensen mot infeksjoner, mens intens og langvarig fysisk aktivitet mest sannsynlig har motsatt effekt [35]. Gundersen et al. [15] rapporterer at det de siste årene har det kommet mange rapporter som viser at det er en sammenheng mellom utmattende fysisk aktivitet og infeksjonsrisiko, særlig øvre luftveisinfeksjoner. I tillegg ser det også ut til at infeksjonene varer lenger og fører til flere komplikasjoner, blant annet utmattelsessyndrom. Infeksjonssykdommer er kjent for å redusere den fysiske yteevnen. Toppidrettsutøvere balanserer på en knivsegg der riktig forhold mellom trening og hvile kan være avgjørende for suksess eller fiasko.

I militær sammenheng kan en tenke seg at overbelastning forekommer i forbindelse med øvelser og manøvrer som strekker seg over flere dager/uker der det som regel er elementer som stor fysisk og psykisk belastning, utilstrekkelig næring, mangel på søvn, samt ytre miljøfaktorer som varme, kulde, vind, fuktighet, høyde osv. Overstiger kravene til fysisk yteevne kapasiteten, vil prestasjonsnivået sannsynligvis synke forbigående. Ifølge Gundersen et al. [15] vil størrelsen og lengden på dette fallet avhenge av hvor lenge og hvor nær personen har operert i forhold til sin maksimale yteevne (maksimalt oksygenopptak, VO₂-maks).

Andre fysiske og psykiske stressfaktorer som søvnmangel og matmangel kan på samme måte som intens langvarig fysisk aktivitet påvirke immunforsvaret [3;35;36]. Vanligvis antas det at det er en sammenheng mellom søvnmangel og tap av immunforsvar, men motsatte resultat er også rapportert. Ubalanse i ernæring og energiunderskudd kan ytterligere forverre negative

påvirkninger av medfølgende stressfaktorer. Et eksempel er at mangel på karbohydrater kan føre til økt nivå av sirkulerende stresshormoner, eller til en konkurranse mellom muskler og immunceller for nødvendige aminosyrer [35]. I tillegg kan alvorlig næringsmangel føre til svekkelse av mange av markørene til immunapparatet [3;36]. Det ikke uvanlig at kroppstemperaturen under forskjellige omstendigheter beveger seg noen grader på hver side av normalområdet på 37 °C (tidligere nevnt i avsnitt 6). En rekke cellulære og enzymatiske reaksjoner blir derved påvirket, inkludert immunforsvaret [38]. Stridskurset, som består av langvarig fysisk aktivitet og multifaktorielt stress, kan derfor tenkes å svekke immunforsvaret kortvarig [35], men det er ikke påvist økt forekomst av infeksjonssykdommer i forbindelse med stridskurset [9;36;37;100].

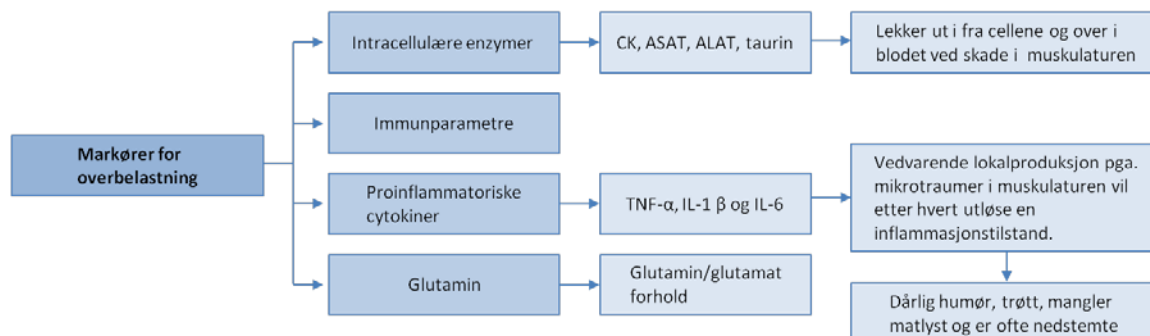
Symptomer og tegn som ofte nevnes i tillegg til prestasjonsnedsettelse ved kronisk overtrening. hentet fra "Overtrening blant idrettsutøvere – årsaker, diagnostikk og behandling" [99]:



Hovedårsaken til overtrening er en ubalanse mellom trening og hvile. Dersom treningsbelastningen økes for fort, vil utøveren ikke rekke å tilpasse seg - "for mye trening, for fort og for ofte". Resultatet blir da nedsatt prestasjonsevne og utmattelse. Bahr et al. rapporterer at det erfaringsmessig er få symptomer i tillegg til prestasjonsnedsettelsen. De siste årene er det imidlertid kommet en del rapporter som viser at det er en sammenheng mellom utmattende fysisk aktivitet og infeksjonsrisiko, særlig øvre luftveisinfeksjoner. Disse infeksjonene varer ofte lenger og fører oftere til komplikasjoner, blant annet utmattelsessyndrom. (Illustrasjon Teien 2013).

7.1.1 Metoder for å avsløre overbelastning

Det er både i militær og sivil sammenheng prøvd å finne metoder som tidlig kan avsløre om gitte aktiviteter overstiger grensen for overbelastning. Eksempel på slike metoder er å undersøke enzymer inne i cellene som lekker ut ved skade på for eksempel muskulaturen, immunparametre, proinflammatoriske cytokiner (siden mikrotraumer i muskulaturen kan utløse en lokal betennelsesreaksjon) og glutamin siden økt fysisk aktivitet fører til at muskelen forbruker mer av aminosyren glutamin [15] (Figur 7.1). Det er vist at plasmakonsentrasjonen av glutamin er redusert etter langvarige fysiske anstrengelser [40].



Figur 7.1 Foreslåtte markører for overbelastning er blant annet intracellulære enzymer, immunparametre, proinflammatoriske cytokiner og den ikke-essensielle aminosyren glutamin. Teksten er hentet fra "Markører for overbelastning under fem dagers fysisk krevende militærøvelse", (Gundersen et al. 2008) [15].(Illustrasjon Teien 2013).

Glutamin er en ikke-essensiell aminosyre som forekommer i høye konsentrasjoner i humant plasma og muskelvev [15]. Glutamin er en av de mest vanlig forekommende aminosyrene og utgjør nær halvparten av den frie "aminosyrepoolen" i kroppen. Den finnes i mange matvarer, for eksempel melk, egg, kylling, kalkun, mais, bønner, linser, erter og nøtter [40].

Ved større skader og alvorlige sykdommer vil normalbalansen i kroppen forskyves. Forbruket av glutamin øker ved langvarig og kraftig muskelarbeid, noe som er bakgrunnen for at glutamin benyttes som kosttilskudd innenfor en rekke idrettsgrener (selv om det diskuteres om idrettsutøvere har behov for tilskudd av glutamin, se nedenfor). Glutamin er også viktig for å opprettholde immunfunksjonen og for å hindre at proteiner blir brutt ned ved tilstander med større forbruk av energilagre enn oppbygging. Glutaminkonsentrasjonen i plasma synker ved langvarig intens muskelarbeid [15]. Det ble ikke påvist noe underskudd av glutamin under stridskurset.

Ifølge Strømme har den påviste reduksjonen i plasmakonsentrasjonen av glutamin etter langvarig fysisk anstrengelse bidratt til antakelsen om at fysisk stress øker kroppens glutaminbehov [40]. Studier på maratonløpere har vist at det tok 16 timer etter et løp før glutaminkonsentrasjonen var normalisert, og at ekstra tilførsel av glutamin ikke påvirket dette forløpet. En studie utført av Rohde og medarbeidere rapporterer at glutamintilførsel ikke påvirket endringene i immunologiske parametre i tilknytning til fysiologiske anstrengelser.

Ifølge Strømme er det lite sannsynlig at idrettsutøvere med et stort energiinntak, hvor tilstrekkelig proteinrike matvarer inngår, skal få underskudd på glutamin. Den kliniske betydningen av glutamin i idrettssammenheng er imidlertid usikker.

7.1.2 Forebygging av belastningsskader og overtrening

Fysisk skade er en ubestridt ledende helse- og beredskapstrussel for det amerikanske forsvaret. Skader er hovedårsaken til sykehusinnleggelse og poliklinikkbesøk av forsvartes tjenestemenn i USA og står for mange av de dagene da de ikke kan tjenestegjøre. Flesteparten av de akutte skadene skyldes effekter over tid som en følge av vektbærende fysisk trening slik som løping, noe det ifølge Bullock et al. er stor mulighet for å forebygge. Det rapporteres at et suksessfull forbyggende treningsprogram bør bestå av tre helt nødvendige komponenter som er utdanning, lederstøtte og skadeovervåkning. De finner seks metoder som har nok forskningsbevis for å hindre fysiske skader i militærøvelser. Disse er å unngå overtrening, trening av balanse og kjernemuskulatur, bruke munnbeskyttelse under aktiviteter med høy risiko for munn og ansiktsskader som for eksempel stridstrening, hinderløype, rifle/ bajonett- trening og kontaktsport, bruke ankelbeskyttelse under aktiviteter med høy risiko slik som luftbårne aktiviteter for eksempel fallskjermhopp, basketball og fotball, innta ernæring innen en time etter høyintensitetstrening for å fylle opp energilagrene og bruke syntetiske sokker for å hindre gnagsår, spesielt under marsjtrening. Ankelstøtter kan redusere ankelskader med 300 prosent [70].

Bullock et al. henviser blant annet til en studie utført på soldater i U.S. Army. Den viser at de soldatene som kuttet ned på antall løpte kilometer, reduserte skadefrekvensen med 24 prosent, samtidig som de opprettholdt aerob utholdenhet⁸ (oksygenopptaket). De henviser til flere lignende studier som alle viser den samme reduserte skadefrekvens når det kuttes ned på løping, uten at det har noen negativ påvirkning på fysisk utholdenhet. Minstekravet for fysisk trening som er nødvendig for å oppnå ønsket treningseffekt hos tjenestemenn, er ifølge Bullock et al. lite karakterisert. De anbefaler at de som har trent lite, bør ha en treningsintensitet som ligger i nedre område av utholdenhetstrening. Krever treningsforbedring hos dårlig trente aerob utholdenhetstrening med en treningsintensitet mellom 55 prosent og 90 prosent av maksimum hjertefrekvens, bør disse individene ligge i nedre område. De som har trent i lengre perioder, kan ligge på høyere intensitet [70]. Forskning utført i militære populasjoner, har vist at en gradvis introduksjon av løping reduserer skadefrekvensen. Flere oversiktsartikler rapporterer at standardiserte treningsprogrammer som begynner med et lavt antall km og lav intensitet og gradvis øker avstanden og farten, tillater en gradvis tilvenning til det økende stresset. Et slikt treningsprogram er spesielt viktig hos nye rekrutter, personer som har skiftet enhet eller er tilbake etter skade. De som er dårligst trente, har to til tre ganger større sjanse for å bli skadet enn de som er godt trente.

⁸ Aerobutholdenhet det vil si aerob kapasitet uttrykkes som individets maksimale evne til å ta opp og omsette oksygen, det maksimale oksygenopptaket (VO_{2maks}). Direkte målt VO_{2maks} er et mål på arbeidskapasitet i utholdenhetsaktiviteter [16].

Rosendal et al. [101] fant også at lav fysisk form var sterkt assosiert med overbelastningsskader etter et intenst treningsprogram. Belastningsskader forekom hos 43,5 prosent av de som var dårlig trent, og 27,3 prosent av de som var mindre trent, i motsetning til bare 3 prosent av de som var godt trent (Tabell 7.1).

Overtrening kan forebygges. Den beste metoden er ifølge Bahr et al. [99] sannsynligvis god planlegging. Vanligvis er det bedre å trene for lite enn for mye, og spesielt unngå for rask økning i treningsmengden. Det anbefales også at treningsbelastningen periodiseres, det vil si at man varierer treningen med lette og tunge perioder. I tillegg er det viktig med en regelmessig døgnrytme og tilstrekkelig søvn [99]. Det er som tidligere nevnt på side 17, mye tyngre å utføre fysisk arbeid om natten på grunn av hormonenes døgnrytmer. Prestasjonen er som nevnt best på tidlig ettermiddag og tyngst om natten.

Tabell 7.1 Overbelastningsskader registrert i en studie utført av Rosendal et al. [101], der de undersøkte forskjellen i belastningsskader i fire forskjellige grupper; godt trent, trent, mindre trent og utrent. Teksten i tabellen er oversatt av Teien etter Tabell 3, "Injury and Fitness During Military Training", (Rosendal et al. 2003) [101].

	Overbelastningsskader				Totalt, n
	Godt trent, n* (%)	Trent, n (%)	Mindre trent, n (%)	Dårlig trent, n (%)	
Skader	3 (4,5)	22 (14,4)	24 (27,3)	10 (43,5)	59
Ingen skader	63 (95,5)	131 (85,6)	64 (72,7)	13 (56,5)	271
Totalt	66 (100,0)	153 (100,0)	88 (100,0)	23 (100,0)	330

*n står for antall deltagere i den aktuelle gruppen.

Lav fysisk form er sterkt assosiert med overbelastningsskader [70;101].

Overtrening kan forebygges med god planlegging [99]. Det er vanligvis bedre å trene for lite enn for mye, og spesielt bør en unngå for rask økning i treningsmengden. Det anbefales også at treningen periodiseres, det vil si at man veksler mellom med lette og tunge perioder. I tillegg er det viktig med en regelmessig døgnrytme og tilstrekkelig søvn.

7.2 Overbelastning i forbindelse med stridskurset

Opstad rapporterer at man under stridskurset observerer samme symptomer hos kadettene som hos overtrente idrettsutøvere [9]. Stridskurset representerer en akutt overtreningmodell der forsøkspersonene er moderat trent på forhånd. Responsen på en akutt submaksimal arbeidsbelastning og hormonelle forandringer er grundig studert under stridskurset [99]. Opstad viser [9] at de kadettene som starter stridskurset med en eller annen form for betennelse, som Akilles betennelse eller "Jumpers kne", ofte må avbryte stridskurset. Kadettene som er dårlig

trent før stridskurset det vil si har trent mest marsjtrening og eller har nye feltstøvler, pådrar seg ofte bløtvevsskader⁹ som forstuing og forstrekking tidlig under stridskurset. Flesteparten av disse kadettene klarer å gjennomføre stridskurset med en justering av mengde- og type aktivitet, støttebandasje og om nødvendig paracetamol som et antibetennelsesmedikament. Det er også dokumentert at helbredelse av skadet vev blir stimulert ved trening med andre muskelgrupper [9].

Under stridskurset som ble utført i 2012, var det flere som klaget over smerter i føttene etter endt stridskurs, og én hadde store hevelser i føttene/beina. Ved kontrollforsøkene som ble utført flere måneder etterpå, klaget flere over at de fremdeles hadde smerter i føttene.

Opstad rapporterer at nummenhet, fornemmelser som prikking og stikking eller nedsatt sensitivitet ofte kan ta flere uker eller måneder å tilbakeføre til normalen. Det er vist at sult og forlenget fysisk aktivitet kan være med på å nedsette sensitiviteten, mens man ikke vet hvilken rolle søvmangel har. Problemet med nedsatt sensitivitet er at kadettene ikke merker overbelastningen før det er for sent. Dermed får man ikke forhindre ytterligere skade ved å justere aktiviteten osv. [9].

Under stridskurset er kroppen i en ekstremt katabol tilstand, med økning av forskjellige hormoner slik som katekolaminer (adrenalin, noradrenalin, dopamin) og glukokortioider (kortisol). Det er forventet at det økte nivået av disse hormonene demper betennelsen, men samtidig sannsynligvis også helbredelseeffekten. Det er ikke påvist noen signifikant økning av interleukiner (øker under skader eller av bakterieprodukter) [9]. Bøyum et al. [37] rapporterte imidlertid en signifikant reduksjon (12 til 20 prosent) for interleukin 6 (IL-6, "muskelcytokin"), noe som kan hemme immunfunksjonen, mens Nilsen et al. [36] rapporterer at de observerte en to ganger økning i plasma interleukin 6. Interleukin 6 er et multifunksjonelt cytokin som stimulerer B- og T-lymfocytene. Interleukin 6 er kjent for å øke ved store fysiske anstrengelser [35] og økningen i IL-6 er tett forbundet med varighet av aktiviteten. Konsentrasjonen av IL-6 kan øke opp til 100 ganger etter et maratonløp [103].

Under en studie ved en militærøvelse med intens fysisk aktivitet over fem dager, med tilstrekkelig mat og søvn, ligger verdiene for glutamin (glutamin/glutamat forholdet) godt over verdiene som er foreslått som tegn på overbelastning og er innenfor det som forventes som en normal reaksjon på slike fysiske påkjenninger. Resultatene viser imidlertid til dels store individuelle variasjoner. En deltaker skilte seg ut med spesielt kraftige utslag etter et feltløp. Han hadde for eksempel kjernetemperatur på over 39 °C, stigning i hvite blodceller fra 7,8 til 12,0 (der snittet var 6,3 til 8,1) og større økning i intracellulære enzymer enn de andre. De kliniske følgene etter denne militærøvelsen var svært varierende og hadde et spenn fra lett ømhet i muskulaturen til markant funksjonsnedsettelse [15].

⁹ Bløtvevsskader er skader som er oppstått i muskler, sener eller leddbånd. Skadene oppstår først og fremst i form av forstrekninger. Symptomene på bløtvevsskader er først og fremst smerter, ømhet og hevelse [102].

Starter man stridskurset med en eller annen form for skade/betennelse i kne og fot, er det stor sannsynlighet for at man må avbryte.

De som er i dårligst fysisk form, pådrar seg ofte skader som forstuing og forstrekning tidlig underveis [9].

7.2.1 Nedsatt fysisk yteevne som følge av øvre luftveisinfeksjoner

Intense og langvarige anstrengelser kan som nevnt redusere den fysiske yteevnen på grunn av overbelastning. I tillegg spiller også forekomsten av øvre luftveisinfeksjoner en rolle, da særlig øvre luftveisinfeksjoner ser ut til å øke i forbindelse med intense og langvarige anstrengelser. Noe av årsaken til dette kan være den negative påvirkningen på immunforsvaret. Gundersen et al. [15] rapporterer at en kan tenke seg at den negative effekten kan forsterkes etter for eksempel militære manøvrer der kraftig fysisk belastning med submaksimal intensitet gjentas med korte og ofte utilstrekkelige hvileperioder over flere dager. Resultater etter studien utført av Gundersen et al. [15] under militærøvelsen med en serie fysiske anstrengelser over flere dager der soldatene som deltok fikk tilstrekkelig med mat/drikke og søvn, viser at det bare var små/moderate forandringer i parametre som ofte brukes som tegn på overbelastning. Det var ingen sikre kliniske tegn på overbelastning.

7.3 Gnagsår og hudblemmer



Figur 7.2 Vannblommer under fot etter vinterkurs mars 2010 (Foto Christian Nørstebø, Forsvarets Forum).

Det er veldig vanlig med hudblommer, gnagsår, sår dannelse og slitasjeskader på huden under militære treningskurs. Sener og leddbånd er mye tregere å trene opp enn muskulatur [104]. Opstad rapporterer at et stridskurs måtte stoppes etter bare 3 dager fordi bare 3 av 4 kadetter av totalt 30 hadde føtter som gjorde det mulig å fortsette. Noen ganger er det nødvendig å behandle med antibiotika, kadettene må tas ut av kurset hvis det blir betennelse i infeksjoner.

Det er veldig store individuelle variasjoner, noe som kan skyldes forskjeller i huden, cellenes toleranse for trykk og strekk, fotsvette, anatomisk form på foten og skotøyet. Det oppstår færre skader på tørre føtter enn på fuktige føtter på grunn av mindre friksjon. Ved lave temperaturer, og når føttene er våte over lengre tid, kan problemet med skyttergravsfot oppstå. God hygiene og marsjtrening før kurset er et viktig forebyggende tiltak. For å unngå blommer og sår må en bruke gode og godt inngått fottøy og to eller flere par tynne sokker med indre glideflater, eventuelt også salisyltalg [9]. Bullock et al. [70] anbefaler syntetiske sokker, da det kan redusere forekomsten av blommer og gnagsår med opptil 56 prosent. De rapporterer at 39 prosent av marinerekruttene som deltar i et 12 ukers treningsprogram og bruker vanlige ull/bomullssokker, får fotblommer eller betennelser som medfører redusert tjeneste. Opstad rapporterer at utviklingen av fotblommer og sår kan forverres som en følge av nedsatt perifer nervesensitivitet som ofte oppstår under hard forlenget fysisk aktivitet slik at kadettene ikke oppdager problemet før det har nådd et nivå med mer alvorlige skader. De fleste kadettene har minsket følsomhet i føttene under stridskurset, ofte i en eller flere tær eller i hele fotsålen [9].



Figur 7.3 Vannblommer og gnagsår under føtter etter skimarsj under vinterkurs i mars 2010 (Foto Svein Martini, Forsvarets Forskningsinstitutt) (Martini og Teien 2013) [105].

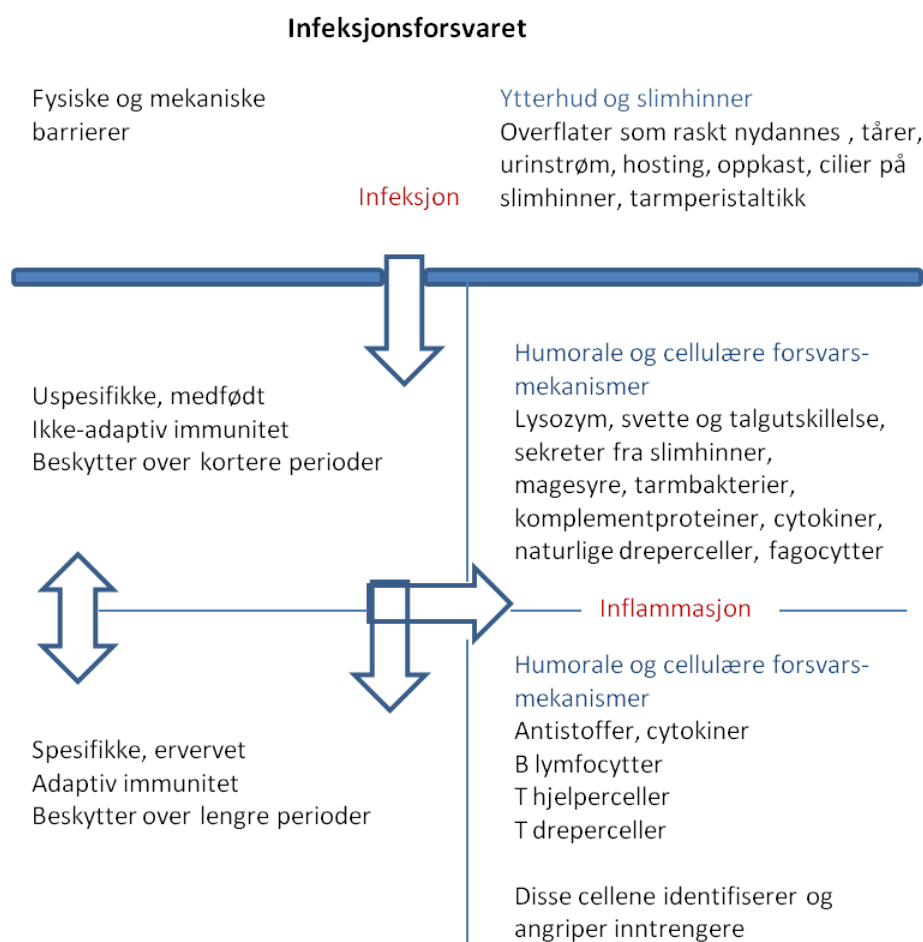
Resultater etter en 9 dagers skimarsj i regi av GSV (Garnisonen i Sør-Varanger) i mars 2010 der FFI deltok for blant annet å se på fuktakkumulering i fotbekledning og teste betydningen av dampsperre, viser også i likhet med observasjoner under stridskurs at det er veldig store individuelle forskjeller mellom soldater med hensyn på gnagsår og misfarging av negler og hud. De fleste soldatene hadde lette gnagsår på føttene (Figur 7.2 og Figur 7.3).

Skimarsjen utført på Tolga i januar-februar 2011 viser de samme tendensene som i 2010. Resultatene viser også klare nedkjølinger på føttene og at valg av fotbekledning har betydning for å hindre nedkjøling [105].

Ifølge Opstad behandles gnagsår best med god hygiene og om nødvendig antiinfeksjonsbehandling samt avlastning for direkte trykk [104]. Han anbefaler at en tar hull på blemmene og deretter taper huden over blemmen fast. Egen hud er nemlig bedre dekke enn for eksempel plaster. Skorpe vil sinke tilhelingen. I tillegg anbefaler han en gradvis økning i treningsintensitet slik at hud og muskel- og skjelettsystemet får tid til å bygge seg opp.

7.4 Immunforsvaret

7.4.1 Teoretisk innføring



Figur 7.4 Immunforsvaret i kroppen. Illustrasjonen er illustrert av Teien etter figur på slide 3 vist i presentasjon "Immunologi for masterstudenter 2011", Karin Andresen, ved Høyskolen i Oslo og Akershus [106].

Kroppen har to forsvarssystem mot infeksjoner, det uspesifikke (medfødte) og det spesifikke (ervervede) (Figur 7.4). Disse to systemene utfyller hverandre. Det medfødte forsvarssystemet aktiveres uten at kroppen har vært i kontakt med fremmedstoffet og beskytter mot 80 til 90 prosent av de sykdomsfremkallende mikroorganismene.

Huden og slimhinnene er den ytre forsvarslinjen og danner en sammenhengende barriere mot de ytre omgivelsene. Svetten og talg i huden inneholder bakteriebekjempende stoffer. Det indre forsvarssystemet består av celler som dreper og fordøyer mikroorganismer. Proteiner som sirkulerer rundt i blodet i en inaktiv form, aktiveres når kroppen invaderes av mikroorganismer som virus og bakterier [10].

De hvite blodceller (leukocytene) transporteres med blodet fra produksjonsstedet til steder i kroppen der bakterier, virus, sopp eller parasitter har trengt inn slik at det har oppstått en betennelse. Leukocytene transporteres hurtig til betennelsesområdet i stort antall. Når organismen trues av en alvorlig infeksjon, frigjøres lagrede hvite blodceller slik at antallet stiger raskt [10]. Cytokinene, som er små signalmolekyler, er viktige for både det uspesifikke og det spesifikke immunsystemet. De deles inn i etter den funksjonen man antar at de har i kroppen (lymfokiner, interleukiner og kjemokiner) [12].

Det spesifikke immunforsvaret utvikler seg under en modningsprosess [12]. Utøverne i det spesifikke immunforsvaret er lymfocytene (en type hvite blodceller som det finnes mye av i lymfevev). De utgjør 25 til 33 prosent av de hvite blodcellene i blodet [10]. Lymfocytene har egenskaper som gjør at de kan binde seg til fremmede substanser som kommer inn i kroppen. Lymfocytene er en viktig del av immunforsvaret og finnes i et stort antall hos hver enkelt person. En deler lymfocytene inn i B-lymfocytter og T-lymfocytter. B-lymfocytene er avhengige av T-lymfocytene for å danne de antistoffproduserende effektorcellene og hukommelsescellene. Antistoffene har forskjellige hypervariable områder som gjør at de kjenner igjen og binder forskjellige stoffer. Det gjør at det er kun et fåtall av B-lymfocytene som kjenner igjen spesielle antigen (alle molekyler som kan starte en spesifikk immunreaksjon). Ofte er antigenet en del av en celle, for eksempel en mikroorganisme. Når et fremmed antigen kommer inn i kroppen, vil det hurtig møte lymfocytter med reseptorer som er i stand til å binde akkurat det antigenet. Bindingen mellom lymfocytt og antigen betyr at immunapparatet har identifisert antigenet som fremmed for kroppen og denne bindingen starter så en spesifikk immunrespons. Det finnes fem forskjellige klasser av antistoff (IgG, IgA, IgM, IgD og IgE), som kalles immunoglobuliner. Ved infeksjon danner kroppen først masse IgM og litt IgG. Noen av disse cellene vil bli til effektorceller og danne antistoff, mens andre blir hukommelsesceller. Neste gang kroppen utsettes for antigenet, vil cellene derfor huske og dermed være raskere med å danne antistoff. T-lymfocytene hjelper B-lymfocytene med å gå fra hukommelsesceller til effektorceller som kan produsere antistoff. Disse B-lymfocytene har molekyler på overflaten som er viktige ved diagnostikk med mer [10;60;106].

Det er påvist et stort antall patologiske konsekvenser av stress, slik som blant annet redusert immunforsvar og aktivering av mange sykdommer [9]. Som nevnt (side 71) er det en sammenheng mellom utmattende fysisk aktivitet og infeksjonsrisiko (særlig øvre

luftveisinfeksjoner). Infeksjonene ser også ut til å vare lenger og medfører flere komplikasjoner. Søvn- og matmangel er også kjent for negativt å påvirke immunforsvaret [15]. Det er også vist at moderate temperaturvariasjoner både over og under normal kroppstemperatur på 37 °C (hypotermi og hypertermi) har en hemmende effekt [38].

7.4.2 Forandringer under stridskurset

Det er ikke rapportert noen negative effekter hos deltakerne opp gjennom årene, med unntak av mindre skader [2]. Under tidligere stridskurs er det funnet forandringer i immunrealterte parametre i blodet, men det er ikke påvist noen tydelige kliniske tegn til infeksjoner [2;9;36;37;100].

Studien utført av Nielsen et al. [36] støtter opp under ”åpent-vindu” hypotesen som indikerer at militære kadetter er mest utsatt for infeksjoner, særlig i de øvre luftveiene, i dagene etter stridskurset. Årsaken til at det likevel ikke er registrert noen klare symptomer kan ifølge Nielsen et al. [36] skyldes at stridskurset arrangeres i en periode på året hvor luftveisinfeksjoner, særlig øvre luftveisinfeksjoner, er på et minimum. Bøyum et al. [37] antok at det også kunne skyldes den korte varigheten. Det vises til at infeksjonsraten er vist å være økt etter mer langvarige militærkurs med varighet på 62 dager. Det ble ikke observert at infeksjonsraten var redusert med økt ernæringsinntak. Bøyum et al. anbefaler at det er viktig å definere det fysiske stresset som deltakerne vil bli utsatt for under en øvelse, noe som er lett å gjøre for energitilførsel og varighet.

Infeksjonsparametre som er påvist forandret under stridskurset, er blant annet en ti ganger økning i grunnivået CRP (produsert i lever ved cytokinstimulering), varierende endringer i interleukiner, varierende økning i totalt sirkulerende leukocytter (maksimalt 1,5-ganger), CD62L som er et adhesjonsmolekyl sank gradvis under stridskurset til tilnærmet fraværende på slutten av kurset og fremdeles lav de tre første hvile- og gjenoppbyggings dager og det er påvist en reduksjon i immunglobuliner [36;37]. Bøyum [37] rapporterer at de hormonelle forandringene under stridskurset kan påvirke immunglobulinene.

Gundersen et al. [35] har under tidligere stridskurs registret karakteristiske forandringer i de hvite blodlegemene med en total økning fra $6,2 \pm 0,5$ til $14,7 \pm 1,3 \cdot 10^9$ celler per liter. Tilsvarende målinger ble gjort under en studie i 2005 der soldatene ble utsatt for et fysisk krevende program, men fikk tilstrekkelig med mat og søvn [15].

En studie utført av Lundeland et al. [107] under stridskurset viser at langvarig multifaktorielt stress og fysisk utmattelse øker de hvite blodcellenes ekspresjon av to reseptorer som sitter på utsiden av cellen, noe som kan bidra til at de hvite blodcellene reagerer med økende frisetting av inflammatoriske mediatorer når de utsettes for bakterielt stimulus [107]. Mettede fettsyrer er påvist økt under stridskurset, noe som kan føre til økt signalering i kroppen. Samme resultat er også påvist for umettede fettsyrer. Denne økte signaleringen kan være uheldig for et balansert immunforsvar som er kritisk for å hindre infeksjoner og fremme reparasjon av skadet vev [2].

Flesteparten av kadettene som ble tatt ut av stridskurset på åtti- og nittitallet led, av virus- eller bakterieinfeksjoner som de allerede hadde ved starten av kurset. Det er opplyst at kadetter som hadde feber kombinert med redusert fysisk yteevne, eller var kortpustet på grunn av trening eller hodepine like før stridskurset eller i starten av stridskurset, ble tatt ut av kurset for å unngå alvorlige komplikasjoner [9].

Det ble ikke observert astma eller allergireaksjoner på åtti- og nittitallet, og Opstad rapporterer at de kadettene som startet med allergiske reaksjoner i luftveiene, ble bedre underveis, noe som kan forklares av de høye verdiene målt for blant annet kortisol og katekolaminer (adrenalin, noradrenalin, dopamin) [9].

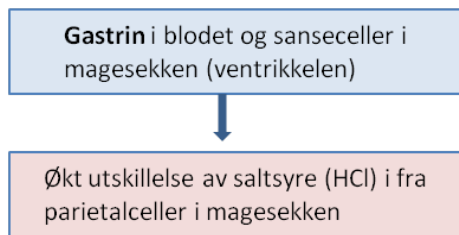
Det er funnet forandringer i immunrelaterte parametre i blodet under tidligere stridskurs, men det er ikke påvist sikre kliniske tegn til økt forekomst av infeksjoner [2;9;36;37;100]. Årsaken kan være at stridskurset arrangeres i en periode på året hvor luftveisinfeksjoner, særlig øvre luftveisinfeksjoner, er på et minimum [36], eller den korte varigheten til stridskurset [37].

Det er tidligere vist at flesteparten av de som blir tatt ut av stridskurset som følge av virus eller bakterieinfeksjoner, allerede var infisert i utgangspunktet. Kadetter som hadde feber kombinert med redusert fysisk yteevne, var kortpustet på grunn av trening eller hodepine like før stridskurset eller i starten av stridskurset, ble tatt ut av kurset for å unngå alvorlige komplikasjoner [9].

7.5 Mage og tarm problemer

7.5.1 Teoretisk innføring

Det produseres et stort antall hormoner i fordøyelseskanalen der peptidhormonene gastrin, cholecystokinin og sekretin er spesielt viktige i reguleringen av fordøyelseskanalens aktiviteter. Hormonene går over i blodet og blir transportert med blodet frem til målcellene der hormonene enten stimulerer eller hemmer aktiviteten. Gastrin er en av tre substanser som har en direkte påvirkning på kjertelcellene som skiller ut saltsyre (HCl) i magesekken (Figur 7.5). Saltsyren er ikke helt nødvendig for fordøyelsen, men den har flere viktige funksjoner. Kjertelcellene skiller også ut intrinsic faktor som er helt nødvendig for oppsugingen av vitamin B₁₂. (Vitamin B₁₂ er igjen helt nødvendig for normal nydannelse av røde blodceller). I tillegg til saltsyren skilles pepsinogen ut fra en annen type kjertelceller. Pepsinogen omdannes ved påvirkning av det sure mageinnholdet til pepsin. Pepsin fordøyer/spalter proteiner til peptider. Gastrinfrigjørelsen skjer først og fremst ved at peptider som er dannet ved proteinnedbrytingen virker direkte på gastrinproduserende celler [10].



Figur 7.5 *Hormonet gastrin stimulerer sammen med sanseceller i magesekken (ventrikkelen) til utskillelse av saltsyre i magesekken. (Illustrert av Teien 2013).*

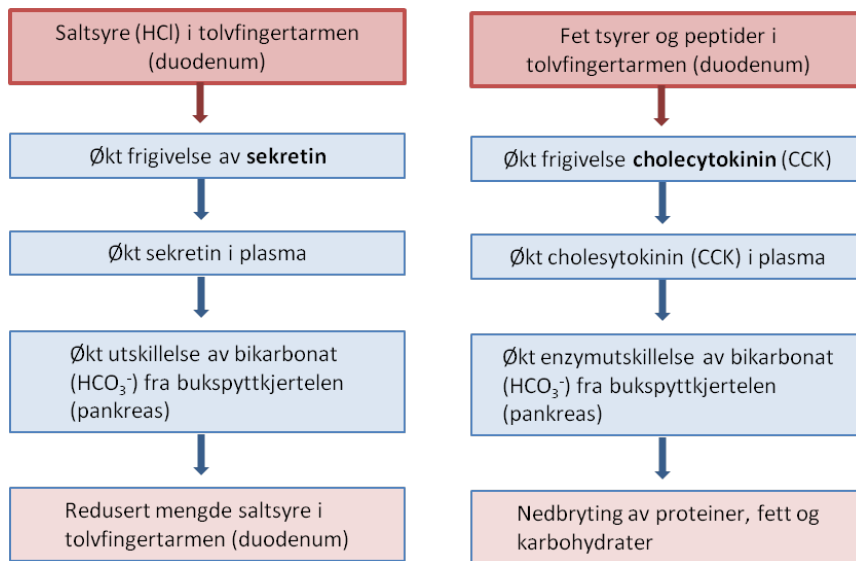
Sekretin og cholecystokinin (CCK) skilles ut fra epitelceller i tolvfingertarmen og er de hormonene som har størst betydning for sekresjon av bukspytt. Sekretin er det viktigste signalet for å øke sekresjonen av bikarbonat fra bukspyttkjertelen, mens cholecystokinin er det viktigste signalet for utskillelse av enzymer. Funksjonen til bikarbonat er å nøytralisere saltsyren, (Figur 7.6).

For sekresjonen og muskelkontraksjonen i magesekken (ventrikkelen) har nervøse og hormonelle reguleringsmekanismer like stor betydning. Ulike følelsesreaksjoner som frykt, depresjon, aggresjon og sinne påvirker ventrikkeltømmingen ved å forandre på balansen mellom aktivitetene i det parasympatiske og sympatiske nervesystemet [10].

En voksen person produserer daglig omkring 2 liter magesaft. Tolvfingertarmen har hovedsakelig en hemmende effekt på produksjonen av magesaft [10].

Magesekken inneholder høye konsentrasjoner av saltsyre og pepsin. Dette skader normalt ikke mageslimhinnen. Mageslimhinnen har flere effektive beskyttelsesmekanismer deriblant at cellene har kort levetid (ca 3 døgn) [10]. De fleste skadene oppstår ikke i magesekken, men i tolvfingertarmen, som er en del av tynntarmen. Sår dannelsen skyldes ubalanse mellom produksjon av magesaft og beskyttelsesmekanismene i slimhinnene. Personer med duodenalsår har ofte økt syreproduksjon, noe som medfører at de normale beskyttelsesmekanismene brytes ned [10].

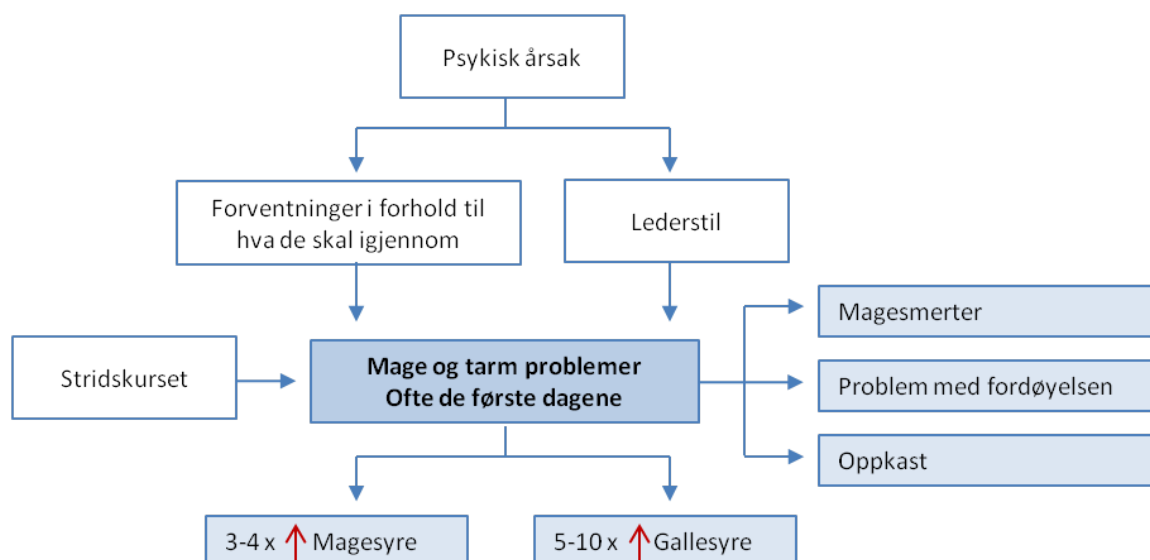
Gallesyrene er viktige for fordøyelsen av fett. De dannes i leveren fra kolesterol, og før de skilles ut i tarmen, bindes gallesyrene til bestemte aminosyrer og kalles gallesalter. Gallesaltene sirkulerer mellom leveren og tarmen mange ganger hver dag [10].



Figur 7.6 Peptidhormonene sekretin og cholecystokinin (CCK) er sammen med gastrin spesielt viktige i reguleringen av fordøyelseskanalens aktiviteter. Flytskjemaet viser den hormonelle reguleringen av bukspyttkjertelens (pankreas) produksjon av bikarbonat (HCO_3^-) og enzymer. (Illustrert etter Figur 10.16 i "Menneskets fysiologi") [10].

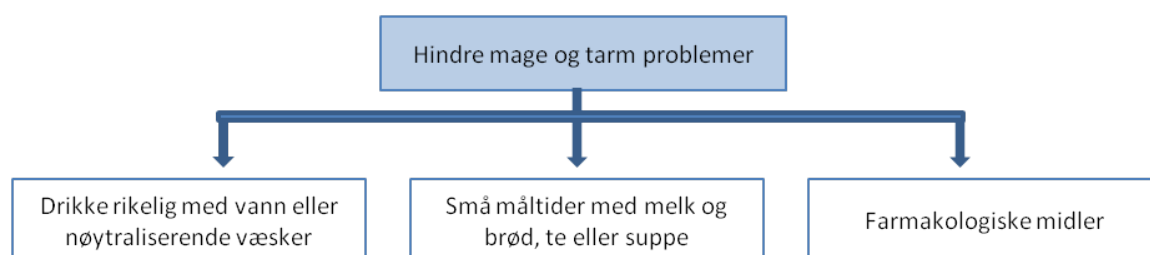
7.5.2 Mage- og tarmforandringer under stridskurset

Stress kan føre til sykdommer. I forbindelse med stridkursene på åttitallet og tidlig nittitallet ble det utført mange studier på mage og tarm forandringer hos kadettene. Disse studiene (eksempel [108;109]) har Opstad oppsummert i sin doktorgrad fra 1995 [9]. Selv hos kadetter som ikke hadde noen tidligere plager [9], ble det observert mage og tarm forandringer, og mange av kadettene klaget over mageubehag [108]. Det var målt en 3 til 4 gangers økning i magesyrekonsentrasjonen og produksjonen. I tillegg var det en 5 til 10 ganger økning i produksjonen av gallesyre. Mage- og tarmsymptomer slik som magesmerter, problemer med fordøyelsen, oppkast etc. kom tidlig (ofte i løpet av de første dagene) og ble ofte ikke verre utover i kurset. Det siste antyder at noe av årsaken kan være psykisk [9], f.eks. som en følge av at kadettene vet de skal gjennom en uke med ekstremt stress. Det kan også skyldes type lederskap siden det er store variasjoner mellom forskjellige stridskurs med forskjellige ledere [9]. Nervesignaler fra mange deler av kroppen kan forårsake oppkast, og i perioder med sterk emosjonell spenning oppstår ofte diaré (nervøs diaré). Dette skyldes en kraftig aktivisering av nervesystemet som fører til økt sekresjon og mobilitet i siste delen av tykktarmen [10], (Figur 7.7).



Figur 7.7 Kadettene får mage og tarmproblemer under stridskurset, ofte de første dagene, mest sannsynlig på grunn av at de er spente på hva de skal igjennom under stridskurset eller det kan skyldes type lederskap. Mage- og tarmsymptomene utartet seg som magesmerter, problem med fordøyelsen og oppkast. Studier under stridskurset har vist at det var 3 til 4 ganger økning i produksjon og konsentrasjonen av magesyre. I tillegg var det en 5 til 10 ganger økning i produksjon av gallesyre under kurset (Opstad 1995) [9]. (Illustrasjon Teien 2013).

Flesteparten av mage- og tarmproblemer kan hindres ved å drikke rikelig vann eller løsninger som nøytraliserer overskuddet av magesyre. Små måltider med brød og melk, te eller suppe kan dramatisk redusere kadettens mage- og tarmproblemer. Hjelper heller ikke dette, finnes det en rekke meget effektive medikamenter som hemmer syreproduksjonen i magesekken (Figur 7.8).



Figur 7.8 For å hindre mage- og tarmproblemer under stridskurset ble det anbefalt å drikke rikelig eller spise småmåltider med brød. Blir ikke problemene løst av disse tiltakene anbefales bruk av farmakologiske midler (Opstad 1995) [9].(Illustrasjon Teien 2013).

Alle mage- og tarmregulerende peptider økte under kurset (gastrin, sekretin, bukspyttkjertel polypeptid, vasoaktiv intestinalt polypeptid (VIP) og gastrisk hemmende peptid). Der det ble vist at peptidene VIP og sekretin ble normalisert etter måltid eller fordøyelse av glukose som ble gitt via munnen.

Kadettene hadde normal leverfunksjon, og det ble ikke påvist noen stor forandring av leverenzymmer. Det ble heller ikke påvist noen overbelastning av hjertets arbeidskapasitet [9;44].

Det er dokumentert at forlengede perioder med sult har merkbar effekt på forskjellige responser i tarmen, slik som endokrine responser, det vil si utskillelse og produksjon av forskjellige hormoner etc. Sult forårsaker forandringer i tarmens struktur og funksjon og fører til redusert aktivitet (hypoaktivitet) i tarmens celler (G-celler som produserer gastrin, og parietalceller som produserer magesyre). Sult fremmer en økning i forskjellige plasmahormoner, for eksempel katekolaminer som steg seks ganger i forhold til normalt [68]. Den langvarige perioden med matmangel påvirker basalnivået og frigivelsen av hormoner, for eksempel VIP (vasoaktiv intestinalt polypeptid) som steg til det femdobbelte. Det økte nivået ble normalisert ved spising [110;111]. Etter en lang periode med sult, kan spising medføre hypoglykemi, noe som ble registret hos kadettene, men tarmens endokrine respons (utskillelse og produksjon av hormoner) er vedlikeholdt etter et måltid og viser heller en økt respons i forhold til før sultperioden [110].

En studie under stridskurset i 1988 viste at multistress medfører forandringer i magesyrekomponenter som i sin tur kan gi skader på slimhinnene. Fysisk stress kan også endre det indre miljøet i magen og tarmen [112]. Mageproblem er også vanlig hos utøvere i utholdenhetsidretter som langdistanse- og maratonløpere [112]. Øktedalen et al. undersøkte slimhinnene i mage og tarm hos maratonløpere, og fem av ni deltakere hadde mageerosjon med blødning. Slimhinnene i magen og tynntarmen blir sterkt påvirket av maratonløp, og 8 til 22 prosent av maratonkonkurranseløpere blør fra mage eller tarm [113].

8 Restitusjon

8.1 Teoretisk innføring

Olympiatoppen har utgitt et skriv som tar for seg restitusjonstiltak og betydningen av tilstrekkelig restitusjon. Det refereres blant annet til flere studier utført av Bahr og medarbeidere [114]. Mye av informasjonen her er hentet fra dette skrivet som har samlet tilgjengelig informasjon om restitusjon. I idrettssammenheng vil restitusjon være å gjenopprette normale tilstander etter fysiologiske forstyrrelser som er forårsaket av trening/konkurranse [115]. Normalt styres restitusjonen hovedsakelig av kroppen selv, men næringsinntak, væskeinntak og hvile er de mest avgjørende faktorene for å sikre at fullstendig restitusjon oppnås, og det påvirker også hvor raskt man oppnår fullstendig restitusjon [39;114]. Ved hard fysisk trening vil (kapittel 3) den indre balansen i kroppen forstyrres. Dermed endres også den normale restitusjonen. Intensiteten og varigheten av aktiviteten vil i stor grad påvirke hvor stor kroppens stressreaksjon blir, og hvor mye væske og energi som går tapt. Den generelle tilstanden som kroppen er i før man starter den fysiske aktiviteten/treningen, er også med å avgjøre hvor omfattende forstyrrelsene blir. Psykososialt stress, søvnmangel, matmangel, dehydrering med mer forsterker virkningene som den fysiske belastningen gir [7]. Alle prosessene som bringer kroppens fysiologiske system tilbake i likevekt etter fysisk aktivitet, omfattes av restitusjonen. Se faktaboks nedenfor for eksempler på ulike system som må restitueres etter fysisk aktivitet.

Eksempler på ulike system i kroppen og prosesser som skal restitueres etter fysisk aktivitet i Olympiatoppen [114]:

- Energibalansen
- Proteinbalansen
- Væske- og saltbalansen
- Hormonbalansen
- Metabolske utskillellesprosesser
- Nevro-muskulær funksjon
- Immunologiske funksjoner

Restitusjon er viktig for å gjenopprette normale tilstander etter forstyrrelser i kroppen forårsaket av blant annet fysiske belastninger, søvnmangel og ernæringsmangel, og dermed tilpasningen til å tåle stadig større treningsbelastninger. Samtidig er restitusjon viktig for å gi tilstrekkelig med hvile mellom fysiske belastninger for å forhindre overtrening, belastningsskader og sykdom.

Avhengig av intensiteten og varigheten på den fysiske aktiviteten vil fasen med gjenoppbygging av for eksempel oksygenets opptaksnivå ta opptil flere timer eller dager. Moderat fysisk aktivitet fører for de aller fleste til liten melkesyreproduksjon og restitusjonen er rask i motsetning til etter aktivitet med høy intensitet hvor melkesyre (laktat) akkumuleres [116].

Det er vist at totalt oksygenopptak er 14 til 24 prosent høyere både i hvile og under aktivitet etter endt stridskurs enn når kroppen er restituert [7].

Hormoner påvirkes også av intensiteten og varigheten på den fysiske aktiviteten. Ved økt aktivitetsvarighet og mengde påvirkes stresshormoner, som adrenalin, noradrenalin og kortisol, i enda større grad enn ved en liten treningsøkt [117]. Det medfører at det tar tilsvarende lengre tid før hormonene normaliseres i restitusjonsfasen [114]. Det rapporteres at selv om nivåene av disse hormonene er normalisert etter trening er likevel ikke funksjonene som styrer disse prosessene fullstendig restituert. Dette kan bety at restitusjonstiden for det hormonelle systemet etter harde fysiske belastninger er lengre enn det en så langt har kunnet påvise gjennom målinger av de enkelte hormoner [117].

Oppbygging av tømte glykogenlagre i musklene tar forholdsvis lang tid, og det krever tilførsel av karbohydrater gjennom måltider. Er tilførselen god, kan tomme glykogenlagre fylles opp igjen i løpet av et døgn. Inneholder kosten lite karbohydrater, kan gjenoppbyggingen kreve opptil en uke [10].

8.1.1 Dehydrering

Det er viktig med en rask erstatning av et eventuelt væsketap etter trening/fysisk belastning for effektivt å restituere seg, få maksimalt utbytte av treningen og redusere det fysiske stresset etter hard belastning [114]. Strømme et al. [76] anbefaler at en starter væsketilførselen snarest mulig etter avsluttet aktivitet, kombinert med karbohydratinntak. Restitusjonsdrikken kan ifølge Strømme et al. med fordel inneholde høyere konsentrasjon av salt (NaCl) enn vanlig. (Svetten inneholder omtrent 50 mmol NaCl per liter, det vil si 2,9 gram per liter. I de fleste sportsdrikker er det ca 25 mmol per liter). Det anbefales 70-90 mmol NaCl per liter. Type drikke, karbohydratinnhold, elektrolyttkonsentrasjonen, smak og eventuelt vanddrivende stoffer som finnes i kaffe og alkohol, vil alle påvirke hvor raskt en oppnår væskebalanse [114]. Væskevolumet etter fysisk belastning bør være større enn svettetapet på grunn av at det obligatoriske tapet gjennom nyrene øker under restitusjonsfasen [76]. (Under stridskurset får kadettene en sportsdrikk hver dag og om nødvendig tilførsel av salt, noe som avhenger av temperaturen. Under stridskurset sommeren 2012 var det ikke behov med tilførsel av ekstra salt (Opstad og Teien 2013, personlig samtale med kadettene)).

8.1.2 Målrettede restitusjonstiltak

Olympiatoppen peker på flere stressfaktorer som krever målrettede restitusjonstiltak. Blant disse er blant annet "Kuldeeksponering som medfører nedkjøling av muskulatur og kroppen for øvrig", "Varmeeksponering med overoppheting og kroppstemperatur over 39 grader celsius", "Dehydrering og saltmangel pga. væsketap over 2 % av kroppsvekt", "Tretthetstilstander pga., mangel på hvile, søvn og lange reiser med døgnomstilling" og "Muskel-/skjelettplager fra ledd, sener, knokler, etc.". Alle disse stressfaktorene blir kadettene utsatt for under stridskurset. Selv om de har fri tilgang på vann under hele kurset, er det vanskelig å få tilført optimal mengde væske, og Opstad rapporterer at kadettene klager på at de er tørste under kurset [20].

Waldum et al. mente i sin studie på syttitallet at kadettene generelt var dehydrerte på grunn av lavt væskeinntak, noe som også ble understøttet av lav urinutskillelse (sjelden over 800 ml/døgn, mot normalt 1,5-2,5 liter) [6].

8.1.3 Viktigheten av restitusjon for soldater

Soldater som opererer under ekstreme forhold kombinert med periodevis lite næring og høy fysisk aktivitet, vil kunne ha betydelig vekttap. For de soldatene som har lite underhudsfett, kan det medføre stort tap av muskelmasse, noe som kan skje under stridskurset. Taper man mye muskelmasse, kan det føre til helsemessige konsekvenser dersom tapet ikke lar seg gjenoppbygge. Det er viktig med optimale betingelser for hvile for å få utslitte soldater restituert raskest mulig slik at de er klare for nye oppdrag/kamper. Det er mange faktorer som har betydning, blant annet fravær av sykdom, optimal medisinsk behandling og kombinasjonen av ernæring, trening, søvn og døgnrytmer. Yteevnen til soldatene er veldig viktig under militære operasjoner, og det er viktig å kunne gjenoppbygge stridsevnen etter langvarige anstrengelser hvor soldatene har mangelfullt kosthold ("upubliserte data fra FFI").

8.2 Restitusjon etter endt stridskurs

8.2.1 Søvn, glukosetoleranse og hormonelle endringer

Det tar omtrent en uke å komme tilbake til normalt søvnmønster etter gjennomført stridskurs. Enkelte kadetter kan ha symptomer i flere uker og kanskje måneder. Det er påvist at de den første tiden ikke greier å sove sammenhengende mer enn ti til tolv timer, uansett hvor trøtte de er. Dette varer i omtrent en uke, og kadettene øker søvntiden i døgnet med en del småsoving i løpet av dagen [46]. Søvn er veldig viktig for hvile og restitusjon. Erfaring viser at de den første uken etter kurset ofte sover seks timer, spiser litt, og sover igjen (Opstad 2012, personlig meddelelse).

Glukosetoleransen ble vist å være svekket under stridskurset, hovedsakelig på grunn av fysisk belastning. Små og hyppige måltider blir derfor anbefalt, spesielt med innhold av karbohydrater. Kadettene har i tillegg fått redusert magesekken, så selv om de er veldig sultne, klarer de ikke å spise store mengder [9]. De kjøper ofte inn mat og legger klar i frysere og kjøleskap slik at den er lett tilgjengelig når de kommer hjem etter endt stridskurs (Opstad og Teien 2013, personlig meddelelse fra kadetter).

Opstad et al. [74] antar at fettreduksjonen i underhudsfettet i hodebunnen og i beinmargen som er påvist ved cerebrale MR bilder, lett erstattes i gjenoppbyggingsfasen, da dette fettet hører med til kroppens energireserver.

Når det gjelder de hormonelle endringene, viser resultater at alle hormonene som er påvist endret under stridskurset, var tilbake på normalt nivå etter 23 dager [22]. For eksempel viste studien utført under stridskurset i 1984 [69] at konsentrasjonen av tyreoidhormoner var normalisert etter tre uker, noe som samsvarer med flere andre registreringer.

ROS-genereringssystemet, som ble påvist redusert under stridskurset og som kan være en mulig årsak til muskeltretthet, var ifølge Nilsen et al. nesten tilbake til grunnivået eller enda høyere etter 3 dager med mat og søvn [36].



Figur 8.1 Det er flere endringer i kroppen som må restitueres etter stridskurset. Figuren viser en oversikt over flere av disse, og der hvor det er blitt oppgitt vises hvor lang tid restitusjonen tar. Studier har for eksempel vist at de hormonelle endringene i kroppen var tilbake på normalt nivå etter 23 dager (Opstad et al. 1983) [22], mens med hensyn på søvn tar det ca en uke å komme tilbake til normalt søvnmønster. Kadettene greier ikke å sove sammenhengende mer enn ti til tolv timer etter kurset samme hvor trøtte de er (Opstad 2013) [46]. På grunn av svekket glukosetoleranse og redusert volum av magesekken anbefales små og hyppige måltider, spesielt ved innhold av karbohydrater (Opstad 1995) [9]. Med hensyn på overbelastning kan det ta uker til måneder (Bahr et al. 1993) [99]. De fleste endringer i kroppen som følger av stridskurset er restituert etter 2 til 3 måneder (Opstad 2012, personlig meddelelse). (Illustrasjon Teien 2013).

8.2.2 Behandling av overtrening og oppbygging av tapt muskelmasse

Overtrening skyldes (kapittel 7) en ubalanse mellom trening og hvile [99], og er en tilstand som gjør at funksjonsevnen synker i lang tid [15]. Ifølge Bahr et al. er behandlingen av overtrening hvile og restitusjon og kan ta fra uker til måneder [99].

Man skiller mellom akutt og kronisk overtrening der akutt overtrening inntreffer etter en periode på noen dager inntil et par uker med svært store treningsdoser. Ved akutt overtrening oppnår man full restitusjon og en formtopp etter noen dager med hvile. Kronisk overtrening er en tilstand hvor man ikke oppnår full restitusjon etterpå, og hvor prestasjonsevnen er redusert selv etter noen få dager med hvile. Bløtvev, slik som muskler, sener og leddbånd trenger tid mellom treningsøktene for å restitueres og gjenoppbygges [70]. Opstad rapporterer at nummenhet, fornemmelser som prikking og stikking eller nedsatt sensitivitet ofte kan vare i flere uker eller måneder [9].

Ved overtrening er det viktig å være klar over at andre stressfaktorer enn den fysiske treningen kan gå utover restitusjonsevnen og medvirke til at man tåler mindre trening enn normalt. Bahr et al. rapporterer at slike stressfaktorer kan være private situasjoner og forpliktelser slik som arbeidspress, familiesituasjon, skolearbeid og økonomiske problemer [99].

Det er rapportert at det var fullstendig restitusjon i ytelse og sinnsstemning under testene utført like etter stridskurset i juni 1978 [48].

Opstad rapporterer at det er dokumentert at tilheling av skadet vev blir stimulert av trening med andre muskelgrupper [9]. Sannsynligvis er ikke absolutt ro det som vil gi best resultat etter skader på sener og leddbånd [104], og det er vist at aktivitet mobiliserer en del vekstfaktorer som kan være gunstige for tilhelingen. Opstad rapporterer at en fare ved å gi smertelindring ved skader og samtidig opprettholde den fysiske belastningen, kan være ytterligere overbelastning.

Under stridskurset i 2011 undersøkte Opstad med medarbeidere hvordan man ved hjelp av ulike treningsregimer raskest mulig kan gjenoppbygge muskelmassen som tapes som følge av ekstrembelastningene under stridskurset. De sammenlignet fire grupper, en uten trening, en som hovedsakelig fikk styrketrening, en som fikk utholdenhetstrening og en som fikk en kombinasjon av utholdenhetstrening og styrketrening ("upubliserte data fra FFI"). Resultatene fra denne studien foreligger ikke i noen rapport ennå, og det er ikke rapportert noen anbefalinger. Under studien i 2008 og 2009 utført av Stig Hjelstad og Per Kristian Opstad undersøkte de betydningen av forskjellige typer næringssammensetning, bl.a. for å bevare muskelmassen. Foreløpige data viser at de kadettene som fikk tilført ekstra mengde proteiner, viste lavest økning i muskelskadeparametre, deretter kom gruppen som fikk tilført ekstra karbohydrater, mens ekstra tilførsel av fett ikke hadde noen virkning ("upubliserte data fra FFI").

Andre studier som er utført, viser at endringer i kroppssammensetning går raskt tilbake etter endt utførelse. Forandringer i kroppssammensetningen etter en 21 dagers skimarsj over Grønland var gått tilbake fire uker etter ekspedisjonen [75].

8.2.3 Gjenoprettelse av termoreguleringen

Den termogenetiske responsen overfor kulde er nedsatt etter forlenget hard fysisk aktivitet koblet med søvn- og ernæringsmangel, men kan gjenopprettes etter en kort periode med hvile, søvn og ernæring. Den termiske balansen i kulde er først gjenopprettet når vevisolasjonen er normalisert, det vil si når soldaten har gjenvunnet sin normale vekt [84]. Samme respons vil nok også være gjeldende under stridskurset.

8.2.4 Kuldeskader

Opstad rapporterte at kun 7 av 26 kystjegere som ble utsatt for kuldeskader i januar 1998, var symptomfrie 2 måneder etter skaden. De ble gradvis bedre de to første årene, men deretter var det ingen ytterligere bedring, faktisk en gradvis forverring etter som tiden gikk. 7 av de 26 kystjegerne utviklet kroniske kuldeskader [95].

Alle endringer i kroppen som følge av deltagelse på stridskurset ser ut til å være helt restituerte etter 2-3 måneder. (Opstad 2012, personlig meddelelse).

Appendix A Stridskurs studier utført av FFI

Tabell A.1 Kronologisk oversikt over mange av studiene som er utført i forbindelse med Krigsskolens stridskurs.

År	Hovedtema	Innhold	Publikasjon
1974	Stress	Stressreaksjoner under usedvanlig harde militærøvelser i fredstid	[6]
1978	Hormoner	Testosteron og testosteronbindene globulin under stress	[66]
1978	Hormoner	Hormonforandringer i serum	[13]
1978	Rødeblodceller	Hematologiske forandringer i hos kadetter under stridskurset	[43]
1978	Ytelse og sinnsstemning	Ytelse sinnsstemninger og kliniske symptomer som følge av søvnmangel.	[28]
1979	Ytelse og sinnsstemning– biologiske rytmer	Forandringer i de biologiske rytmene til ytelse og sinnsstemning	[48]
1980	Hormoner	Forandring i hormonresponsen under en kort ergometersykkel trening etter multistress	[68]
1981	Ernæring/hormoner	Effekten av en høy kaloridiett	[118]
1982	Hormoner	Nedsatt serumnivå av østradiol, testosteron og prolaktin	[119]
1982	Hormoner/fettlageret under huden	Regionale forskjeller i lipolytisk respons på fettdepoene under huden	[33]
1982	Mage og tarm Forandring i hormoner	Binyre polypeptid og gastrin (mage og tarm peptid) respons på væskemåltid og glukose tilført via munnen. Begge disse hormonene frigis etter måltid.	[108]
1982	Hormoner- sekretin	Hvorfor hormonet sekretin øker under stridskurset, og om det kan være et nytt stresshormon	[23]
1983	Søvnmangel	Effekten av søvnmangel på plasmanivået av hormoner under forlenget hard fysisk aktivitet og ernæringsmangel	[22]
1983	Hormoner	Plasmakonsentrasjonen av vasoaktiv polypeptid (VIP) i tarmen	[109]
1983	Syrenivå i fordøyelseskanalen og hormoner	Forholdet mellom basal hyperklorhydria og plasmakonsentrasjonen av sekretin, VIP og gastrin	[24]

1983	Hormoner i tarmen	Nivået av hormoner i plasma som følge av faste og responsen til hormonene etter et måltid etter lang periode med faste	[110]
1984	Hormoner	Funksjonen til skjoldbruskkjertelen hos unge menn	[69]
1985	Hormoner	Plasma renin aktivitet og serum aldosteron	[120]
1986	Døgnrytmer	Biologiske rytmer og arbeidstider	[18]
1986	Fysisk og mental ytelse	Fysisk og mental ytelse hos soldater med høy- og lav energidiett	[121]
1987	Døgnrytmer	Biologiske rytmer og arbeidstider	[17]
1987	Peptider	Responsen til plasma vasoaktiv tarm peptid (VIP)	[122]
1991	Hvilemetabolismen	Hvilemetabolismen økes ved har forlenget aktivitet og medfører redusert mekanisk effekt	[7]
1991	Termoregulering	Stridskursets effekt på termoreguleringen	[4]
1992	Hormoner	Androgene hormoner	[27]
1992	Amfetamin og prestasjonsevne	Amfetamin og soldaters prestasjonsevne	[47]
1994	Reseptorer på blodceller	Den dynamiske responsen til β_2 og α_2 reseptorer menneskets blod celler	[123]
1994	cAMP Hviteblodceller	Responsen til cAMP i leukocytter (cyclic adenosine monophosphate) etter stimulering av adrenalin	[124]
1994	Peptider	Atrial natriuretic peptid i plasma	[44]
1994	Hormoner- biologiske rytmer	Den biologiske rytmen til hormonene er slettet etter stridskurset	[20]
1995	Medisinske konsekvenser	Medisinske konsekvenser i unge menn etter stridskurset	[9]
1996	Immunsystemet Hviteblodceller	Effekten stridskurset har på hvite blodceller, plasma immunoglobuliner og cytokiner	[37]
1998	Medisinske konsekvenser	Medisinsk utredning av en kadett som ikke var i stand til å fullføre stridskurset	[8]
2006	Ernæring	Negativ energibalanse hos unge menn og kvinner	[65]

2006	Hviteblodceller, oksidativt stress	Studie for å bestemme de hvite blodcellenes (leukocytene) nivå av reaktive oksygenradikaler, totalt antioksidant nivå, uttrykket av CD62L og CD11b hos de hvite blodcellene under stridskurset og i hvilefasen/oppbyggingsfasen	[36]
2012	Hviteblodceller Immunforsvaret	Endringer i en reseptor som sitter på utsiden av hvite blodceller og effekten dette gir på immunresponsen	[100]
2012	Immunrespons	Doktorgrad som tar for seg endringer i immunresponsen og mulige årsaker.	[2]

Referanser

Bibliography

- [1] P. K. Opstad, "1093 - Operasjonell forsvarsmedisin med vekt på bruk av sensorer," Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Prosjektluttmelding 1093/Arkiv Nr 917, May 2011.
- [2] B. S. Lundeland, "Inflammatory responses in stress and trauma - Impact on Toll-like receptor 4 signalling," Institutt for klinisk medisin, Universitetet i Oslo, 2012.
- [3] P. K. Opstad, "Alterations in the morning plasma levels of hormones and the endocrine responses to bicycle exercise during prolonged strain. The significance of energy and sleep deprivation.," *Acta Endocrinologica (Copenh)* 1991, 125: 14-22, 1991.
- [4] P. K. Opstad and R. Bahr, "Reduced set-point temperature in young men after prolonged strenuous exercise combined with sleep and energy deficiency," *Arct Med Res* 1991; 50: Suppl. 6: 122-126, 1991.
- [5] P. C. Henning, B.-S. Park, and J.-S. Kim, "Physiological Decrements During Sustained Military Operational Stress," *Military Medicine*, vol. 176, pp. 991-997, 2011.
- [6] H. L. Waldum and P. O. Huser, "Stress-reaksjoner under usedvanlig harde militærøvelser i fredstid," *Norwegian Defence Medical Service* 1974;1: 39-56, Oslo, Norway, 1974.
- [7] R. Bahr, P. K. Opstad, J. I. Medbø, and O. M. Sejersted, "Strenuous prolonged exercise elevates resting metabolic rate and causes reduced mechanical efficiency," *Acta Physiol Scand*, vol. 141, pp. 555-563, 1991.
- [8] P. K. Opstad, A. H. Haugen, and C. E. Ærø, "Medisinsk utredning av en kadett som ikke var i stand til å fullføre stridskurset," Forsvarets forskningsinstitutt, FFI/Rapport-98/00902, 1998.
- [9] P. K. Opstad, "Medical consequences in young men of prolonged physical stress with sleep and energy deficiency," Forsvarets Forskningsinstitutt, NDRE/PUBLICATION-95/05586, 1995.
- [10] E. Haug, O. Sand, and Ø. V. Sjaastad, *Menneskets fysiologi* Universitetsforlaget, 1992.
- [11] J. W. Erdman, C. E. Woteki, and R. M. Russell, *Nutrient Composition of Rations for Short-term, High-intensity Combat Operations*. Washington, D.C.: Institute of Medicine of the National Academies, 2006.
- [12] I. Birkeland, "Mestring og biologiske markører på belastning: Effekten av generell mestingsstil og militært personells reaksjoner på en krevende øvelse," Profesjonsstudiet i psykologi, Universitetet i Bergen, Hovedoppgave, 2009.
- [13] A. Aakvaag, T. Sand, P. K. Opstad, and F. Fonnum, "Hormonal Changes in Serum in Young men During Prolonged Physical Strain," *Eur J Appl Physiol*, vol. 39, pp. 283-291, 1978.
- [14] H. Færevik, "ColdWear prosjektet, Arbeid, helse, sikkerhet og yteevne i kulde," http://www.norskindustri.no/getfile.php/Dokumenter/PDF/ColdWear_Sintef3.pdf: SINTEF og Norsk industri, Teko, 2012.

- [15] Y. Gundersen, B. Lundeland, I. Thrane, P. K. Opstad, and P. Vaagenes, "Markører for overbelastning under en femdagers fysisk krevende militærøvelse," Forsvarets forskningsinstitutt, FFI-rapport 2008/01089, 2008.
- [16] S. A. Anderssen, E. Kolle, J. Steene-Johannessen, Y. Ommundsen, and L. B. Andersen, "Fysisk aktivitet blant barn og unge i Norge - En kartlegging av aktivitetsnivå og fysisk form hos 9- og 15-åringer," Helsedirektoratet, IS-1533, ISBN-978-82-8081-101-1, 2008.
- [17] P. K. Opstad, "Åpent -eller stengt?, Biologiske rytmer og arbeidstider," Forbruker- og administrasjons- departementet, Universitetsforlaget, 1987, pp. 83-109.
- [18] P. K. Opstad, "Biologiske rytmer og arbeidstider," Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), FFI/Rapport-86/6002, 1986.
- [19] K. Løvås, J. G. Cooper, T. Thorsen, H. Thordarson, and E. S. Husebye, "Døgnrytme til besvær," *Tidsskrift for Den norske lægeforening*, vol. 123, no. Nr 13-14, pp. 1858-1859, June 2003.
- [20] P. K. Opstad, "Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men," *European Journal of Endocrinology* 1994, 131: 56-66, 1994.
- [21] H. R. Lieberman, "Limited efficacy of dietary supplements for physical and cognitive performance enhancement in military operations," AIBS task B Program, review CD, Military Nutrition Division U.S. (DoD), Andrew Young, 4-5 oct 2011, 2010.
- [22] P. K. Opstad and A. Aakvaag, "The effect of Sleep Deprivation on the Plasma Levels of Hormones During Prolonged Physical Strain and Calorie Deficiency," *Eur J Appl Physiol*, vol. 51, pp. 97-107, 1983.
- [23] O. Øktedalen, P. K. Opstad, and O. B. Schaffalitzky De Muckadell, "Secretin - a new stress hormone?," *Regulatory Peptides*, vol. 4, pp. 213-219, 1982.
- [24] O. Øktedalen, P. K. Opstad, O. B. Schaffalitzky De Muckadell, O. Fausa, and O. Flaten, "Basal hyperchlorhydria and its relation to the plasma concentrations of secretin, vasoactive intestinal polypeptide (VIP) and gastrin during prolonged strain," *Regulatory Peptides*, vol. 5, pp. 235-244, 1983.
- [25] P. Laurberg, S. Andersen, and J. Karmisholt, "Cold Adaptions and Thyroid Hormone Metabolism," *Hormones and metabolic research*, vol. 37, no. 9, pp. 545-549, Mar.2005.
- [26] S. Knardahl, J. I. Medbø, V. Strøm, and E. Jebens, "Utredning om virkninger av arbeid i kalde omgivelser," Statens Arbeidsmiljøinstitutt, 2010.
- [27] P. K. Opstad, "Androgenic Hormones during Prolonged Physical Stress, Sleep, and Energy Deficiency," *J Clin Endocrinol Metab*, vol. 74, no. 5, pp. 1176-1183, 1992.
- [28] P. K. Opstad, R. Ekanger, M. Nummestad, and N. Raabe, "Performance, Mood and Clinical Symptoms in Men Exposed to Prolonged, Severe Physical Work and Sleep Deprivation," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, vol. 49, pp. 1065-1073, 1978.
- [29] S. M. Dyrstad, B. W. Miller, and J. Hallen, "Physical Fitness, Training Volume, and Self-Determined Motivation in Soldiers during a Peacekeeping Mission," *Military Medicine*, vol. 172, no. 2, pp. 121-127, 2007.

- [30] H. B. Benestad, "Muskler som endokrint organ," *Tidsskrift for Den norske lægeforening*, vol. 132, no. Nr 17, p. 1955, Sept.2012.
- [31] M. Gleeson and N. Bishop, "Modification of immune responses to exercise by carbohydrate, glutamine and anti-oxidant supplements," *Immunology and Cell Biology*, vol. 78, pp. 554-561, 2000.
- [32] R. Blomhoff and J. I. Pedersen, "Kostråd og næringsstoffanbefalinger," in *Mat og medisin*, 6 utgave ed Cappelen Damm, Høyskoleforlaget, 2012, pp. 67-81.
- [33] T. O. Rognum, K. Rodahl, and P. K. Opstad, "Regional Differences in the Lipolytic Response of the Subcutaneous Fat Depots to Prolonged Exercise and Severe Energy Deficiency," *Eur J Appl Physiol*, vol. 49, pp. 401-408, 1982.
- [34] F. Brouns, *Nutritional need of athletes* 1993.
- [35] Y. Gundersen, P. K. Opstad, T. Reistad, I. Thrane, and P. Vaagenes, "Seven days' around the clock exhaustive physical exertion combined with energy depletion and sleep deprivation primes circulating leukocytes," *Eur J Appl Physiol*, vol. 97, pp. 151-157, Feb.2006.
- [36] H. G. Nielsen, P. K. Opstad, and T. Lyberg, "LeuCAM and Reactive Oxygen Species during Long-Term Exercise Combined with Sleep and Energy Deficiency," *Journal of the American College of Sport Medicine*, pp. 275-282, 2006.
- [37] A. Bøyum, P. Wiik, E. Gustavsson, O. P. Veiby, J. Reseland, A.-H. Haugen, and P. K. Opstad, "The Effect of Strenuous Exercise, Calorie Deficiency and Sleep Deprivation on White Blood Cells, Plasma Immunoglobulins and Cytokines," *Scand J. Immunol.*, vol. 43, pp. 228-235, 1996.
- [38] Y. Gundersen, B. Lundeland, I. Thrane, P. K. Opstad, and P. Vaagenes, "Hvordan påvirker temperaturen funksjonen i sirkulerende hvite blodlegemer," Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), FFI-rapport 2007/02232, Sept. 2007.
- [39] K. R. Norum, C. Helle, K. Bjerkan, S. F. Drøpping, O. Rønsen, P. Hemmersbach, S. B. Strømme, S. O. Kolset, and H. Tomten, "Mat og prestasjon - Kostholdsanbefalinger for idrettsutøvere," Sosial- og Helsedirektoratet, IS-1132, 2003.
- [40] S. B. Strømme, "Piller og prestasjon," *Landsforeningen for kosthold og helse*, vol. Nr 1, pp. 3-9, 2000.
- [41] Strømme and Kaasa, "Antioksidanter," Fysisk aktivitet, kosthold og ernæring, Norges Idrettshøyskole, Vår 2001: 2001.
- [42] Strømme and Kaasa, "Årsaker til anemi," Fysisk aktivitet, kosthold og ernæring, Norges idrettshøyskole, vår 2001: 2001.
- [43] R. Lindemann, R. Ekanger, P. K. Opstad, M. Nummestad, and R. Ljosland, "Hematological Changes in Normal Men During Prolonged Severe Exercise," *American corrective therapy journal*, vol. 32, pp. 107-111, 1978.
- [44] P. K. Opstad, A. H. Haugen, O. M. Sejersted, R. Bahr, and K. K. Skrede, "Atrial natriuretic peptide in plasma after prolonged physical strain, energy deficiency and sleep deprivation," *Eur J Appl Physiol*, vol. 68, pp. 122-126, 1994.

- [45] J.-A. Palma, E. Urrestarazu, and J. Iriarte, "Sleep loss as risk factor for neurologic disorders: A review," *Sleep Medicine*, vol. 14, pp. 229-236, 2013.
- [46] P. K. Opstad, "Virkninger av søvmangel på soldater," Forsvarets forskningsinstitutt, FFI 13/00712-1, 2013.
- [47] P. K. Opstad, "Amfetamin og soldaters prestasjonsevne," Forsvarets forskningsinstitutt, FFI/RAPPORT-92/6005, 1992.
- [48] J. F. Bugge, P. K. Opstad, and P. M. Magnus, "Changes in the circadian rhythm of performance and mood in healthy young men exposed to prolonged, heavy physical work, sleep deprivation, and caloric deficit," *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, vol. 50, pp. 663-668, 1979.
- [49] P. K. Opstad, "758 - Døgnkontinuerlige militære operasjoner under vinterforhold," Prosjektluttmelding 758/ Arkiv Nr 149, Feb.2001.
- [50] J. W. Castellani, D. A. Stulz, D. W. DeGroot, L. A. Blanchard, B. S. Cadarette, B. C. Nindl, and S. J. Montain, "Eighty-Four Hours of Sustained Operations Alter Thermoregulation during Cold Exposure," *Med. Sci. Sports Exerc*, pp. 175-181, 2002.
- [51] M. A. Kolka, B. J. Martini, and R. S. Elizondo, "Exercise in a cold environment after sleep deprivation," *Eur J Appl Physiol*, vol. 53, pp. 282-285, 1984.
- [52] J. W. Castellani, M. N. Sawka, D. W. DeGroot, and A. J. Young, "Cold thermoregulatory responses following exertional fatigue," *Frontiers in Bioscience*, vol. S2, pp. 854-865, June 2010.
- [53] W. D. McArdle, F. I. Katch, and V. L. Katch, "Energy value of food," in *Exercise Physiology*, Third Edition ed Lea & Febiger, Philadelphia/London, 1991, pp. 85-91.
- [54] S. M. Pasiakos, "Reducing the physiological stress of modern warfare: the role of nutritional science in the U.S. Military," Meeting abstract 730.4, April 2010 ed 2010.
- [55] S. M. McGraw, D. W. DeGroot, M. R. Ely, P. J. Karl, A. J. Young, and H. R. Lieberman, "Effects on mood and satiety of 4 days of partial energy deficit (60 %) or energy excess (150 %)," Meeting Abstract 730.4, April 2010, ed 2010.
- [56] C. Y. Guezennec, P. Satabin, H. Legrand, and A. X. Bigard, "Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy intakes in humans," 68 ed 1994, pp. 525-530.
- [57] I. Garthe, "Energi," in *Idrettsernæring*, 1. Utgave ed Olympiatoppen, 2011, pp. 27-34.
- [58] S. F. Leibowitz and K. E. Wortley, "Hypothalamic control of energy balance: different peptides, different functions," *Peptides*, vol. 25, pp. 473-504, 2004.
- [59] O. Witczak and H. Herning, "Biokjemiske og cellebiologiske metoder," Masterstudiet i Biomedisin ved Høyskolen i Oslo og Akershus, Norge, Nov.2012.
- [60] B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, and P. Walter, *Molecular Biology of The Cell*, Fifth ed Garland Science, Taylor & Francis Group, UK, 2008, pp. 889-890.
- [61] BIPM, "The International System of Units (SI)," BIPM, 2013.

- [62] C. Helle, "Karbohydrater," in *idrettsnæring*, 1. utgave ed Oslo: Gyldendal undervisning/Olympiatoppen, 2011, pp. 35-58.
- [63] T. Raastad, "Fett," in *idrettsnæring*, 1. utgave ed Oslo: Gyldendal undervisning/Olympiatoppen, 2011, pp. 73-83.
- [64] T. Raastad, "Protein," in *Idrettsnæring*, 1. utgave, 1 opplag ed 2011, pp. 59-72.
- [65] R. W. Hoyt, P. K. Opstad, A.-H. Haugen, J. P. DeLany, A. Cymerman, and K. E. Friedl, "Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation," *Am J Clin Nutr*, 83, 2006.
- [66] A. Aakvaag, Ø. Bentsdal, K. Quigstad, P. Walstad, H. Ronningen, and F. Fonnum, "Testosteron and testosteron binding globulin (TeBG) in young men during prolonged stress," *Int J Androl*, vol. 1, pp. 22-31, 1978.
- [67] Strømme and Kaasa, "Kreatin," *Fysisk aktivitet, kosthold og ernæring, Norges idrettshøgskole, Vår 2001: 2001.*
- [68] P. K. Opstad, A. Aakvaag, and T. O. Rognum, "Altered Hormonal Response to Short-term Bicycle Exercise in Young Men After Prolonged Physical Strain, Caloric Deficit and Sleep Deprivation," *Eur J Appl Physiol*, vol. 45, pp. 51-62, 1980.
- [69] P. K. Opstad, D. Falch, O. Øktedalen, F. Fonnum, and R. Wergeland, "The thyroid function in young men during prolonged exercise and the effect of energy and sleep deprivation," *Clinical Endocrinology*, vol. 20, pp. 657-669, 1984.
- [70] S. H. Bullock, B. H. Jones, J. Gilchrist, and S. W. Marshall, "Prevention of Physical Training-Related Injuries, Recommendations for the Military and Other Active Populations Based on Expedited Systematic Reviews," *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 38, no. 1S, pp. 156-181, 2010.
- [71] K. Holteberg, "Validering av måleinstrumenter for kroppssammensetning," Seksjon for idrettsmedisinske fag, Norges idrettshøgskole, 2010.
- [72] I. Garthe, "Kroppssammensetning," in *idrettsnæring* Oslo: Gyldendal Norske Forlag AS, 2011, pp. 158-171.
- [73] S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. Wang, and S. B. Going, "Study of Body Composition: An Overview," in *Human Body Composition*, Second Edition ed United State of America: Human Kinetics, 2005, pp. 3-14.
- [74] P. K. Opstad, "Prosjektluttmelding 1030 - Traumatologi og ekstrembelastninger med særlig vekt på vinterforhold," Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Prosjektluttmelding 1030/ Arkiv nr 917, June 2007.
- [75] G. Sandbæk, K. Steine, A. Røserth, J. Falch, and S. Steine, "På ski over Grønland - fysiske og psykiske forandringer," *Tidsskr Nor Lægeforen* 1997; 117; 1104-7, 1997.
- [76] S. B. Strømme and Kaase, "Væskeinntak," *Fysisk aktivitet, kosthold og ernæring, Idrettshøgskolen, Vår 2001: 2001.*
- [77] P. K. Opstad, T. Oftedal, S. Martini, A. H. Haugen, B. Johnsen, K. K. Skrede, P. Wiik, M. Plassen, and J. Blanch, "Soldaters varmetoleranse i "Casualty-bag"," Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI), FFI/Rapport-91/6009, 1991.

- [78] W. D. McArdle, F. I. Katch, and V. L. Katch, *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance* Lea & Febiger, Philadelphia, 1991.
- [79] M. Gilbert, R. Busund, A. Skagseth, P. A. Nilsen, and J. P. Solbo, "Resuscitation from accidental hypothermia of 13,7 C with circulatory arrest," *Lancet* 355: 375-376, 2000.
- [80] I. Holmèr, "Effekten av kulde på menneskets termoregulering," in *Håndbok for arbeid i kulde* Oulu: Thelma AS, 2002, pp. 19-27.
- [81] H. T. Hammel, "Terrestrial animals in cold: recent studies of primitive man," In Dill, D.B, E.F. Adolph and C.G. Wilbers, eds., *Handbook of Physiology, Section 4, Adaptions to the Environment* ed Baltimore: Waverly Press, 1964, pp. 413-434.
- [82] J. E. Silva, "Thyroid Hormone Control of Thermogenesis and Energy Balance," *Thyroid*, vol. 5, no. 6, pp. 481-492, 1995.
- [83] J. D. Hardy, "Body temperature regulation," 1980, pp. 1417-1456.
- [84] A. J. Young, J. W. Castellani, C. O'Brien, R. L. Shippe, P. Tikuisis, L. G. Meyer, L. A. Blanchard, J. E. Kain, B. S. Cadarette, and M. N. Sawka, "Exertional fatigue, sleep loss, and negative energy balance increase susceptibility to hypothermia," *Journal of Applied Physiology*, vol. 85, pp. 1210-1217, 1998.
- [85] P. N. Ainslie, I. T. Campell, K. N. Frayn, S. M. Humphreys, D. P. M. MacLaren, and T. Reilly, "Physiological, metabolic, and performance implications of a prolonged hill walk: influence of energy intake," *Journal of Applied Physiology*, vol. 94, pp. 1075-1083, 2003.
- [86] J. W. Castellani, A. J. Young, M. B. Ducharme, G. G. Giesbrecht, E. Glickman, and R. E. Sallis, "Prevention of Cold Injuries during Exercise," Medscape.com, <http://www.medscape.com/viewarticle/717044,2010>.
- [87] I. Taberean, B. Morrison, M. C. Marcondes, T. Bartfai, and B. Conti, "Hypothalamic and dietary control of temperature-mediated longevity (Review)," *Ageing Research Reviews*, vol. 9 (2010), pp. 41-50, 2010.
- [88] A. J. Young, "Homeostatic responses to prolonged cold exposure: human cold acclimatization," In Fregly, M.J and C.M. Blatteis eds., *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology* ed New York: Oxford University Press, 1996, pp. 419-438.
- [89] D. F. Danzl, R. S. Pozos, and M. P. Hamlet, "Accidental hypothermia," in *Wilderness Medicine, Management of Wilderness and Environmental Emergencies*, Third Edition ed. P. S. Auerbach, Ed. Mosby, 1995, pp. 51-96.
- [90] R. S. Pozos and D. F. Danzl, "Human physiological responses to cold stress and hypothermia," Falls Church, VA: Office of the Surgeon General, U. S. Army, 2002, pp. 351-382.
- [91] R. E. Sallis and M. C. Chassay, "Recognizing and treating common cold-induced injury in outdoors sports," *Med. Sci. Sports Exerc*, vol. 31, pp. 1367-1373, 1999.
- [92] NTB, "Forsvaret tar grep for å få gode vintersoldater," *Aftenposten*, 2013.
- [93] J. Hassi and H. Rintamäki, "Effekten av kulde på ytelse og helse," in *Håndbok for arbeide i kulde* Oulu 2002: Thelma AS, 2002, pp. 29-49.

- [94] P. Tikuisis and P.8/RSG.20 members, "Handbook on predicting responses to cold exposure," North Atlantic Treaty Organization, Defence Research Group, Technical Report AC/243 (PaNEL 8) TR/20, NATO UNCLASSIFIED, 1995.
- [95] P. K. Opstad, "Sleipner/Kuldeskader," 2009.
- [96] A. Arvesen, "Microcirculation and Sequelae following Local Cold Injuries - A clinical and Experimental Study," Oslo, 1999.
- [97] J. W. Castellani, A. J. Young, D. W. Degroot, D. A. Stulz, B. S. Cadarette, S. G. Rhind, J. Zamecnik, P. N. Shek, and M. N. Sawka, "Thermoregulation during cold exposure after several days of exhaustive exercise," *Journal of Applied Physiology*, vol. 90, pp. 939-946, 2001.
- [98] P. K. Opstad, "Adrenergic desensitization and alterations in free and conjugated catecholamines during prolonged strain, sleep and energy deficiency," *Biogenic Amines*, vol. 7, no. 6, pp. 625-639, 1990.
- [99] R. Bahr, A. Vilberg, and P. K. Opstad, "Overtrening blant idrettsutøvere - årsaker, diagnostikk og behandling," *Tidsskrift for Den norske lægeforening*, vol. 6, no. 113, pp. 719-722, 1993.
- [100] B. Lundeland, Y. Gundersen, P. K. Opstad, I. Thrane, Y. Zhang, R. W. Olausson, and P. Vaagenes, "One Week of multifactorial high-stress military ranger training affects Gram-negative signalling," *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*, pp. 1-8, 2012.
- [101] L. Rosendal, H. Langeberg, A. Skov-Jensen, and M. Jær, "Incidence of Injury and Physical Performance Adaptions During Military Training," *Clinical Journal of Sport Medicine*, vol. 13, pp. 157-163, 2003.
- [102] Doktor Online, "Bløtvevsskader," Artikkelen er oversatt fra Apple M, ed. The Times Complete Family Health. Hamlyn; 2001, 2001.
- [103] B. K. Pedersen, "Exercise and cytokines," *Immunology and Cell Biology*, vol. 78, pp. 532-535, 2000.
- [104] P. K. Opstad, "Menneskers reaksjoner på ekstreme belastninger," *Tidsskrift for Den norske lægeforening*, vol. 8, pp. 1-3, 1997.
- [105] S. Martini and H. K. Teien, "Testing av bekledning og utrustning under vinterforhold," FFI-Rapport under utarbeidelse. Råutkast er ferdig. ed Forsvarets Forskningsinstitutt, 2013.
- [106] K. Andresen, "Immunologi for masterstudenter 2011, Antistoffer produsert i kroppen, Immunoassay og feilkilder, Antistoffer produsert for bruk i immunoassay," Master i biomedisin, Emne 3, HIOA, 2012: 2012.
- [107] B. Lundeland, Y. Gundersen, P. Opstad, I. Thrane, and P. Vaagenes, "Langvarig multifaktorelt stress gir økt ekspresjon av TLR 4 og CD 14 på monocytter," NAForum, VOL 21 ed 2008.
- [108] O. Øktedalen, O. Flaten, P. K. Opstad, and J. Myren, "hPP and Gastrin Response to a Liquid Meal and Oral Glucose during Prolonged Severe Exercise, Caloric Deficit, and

- Sleep Deprivation," *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, vol. 17, pp. 619-624, 1982.
- [109] O. Øktedalen, P. K. Opstad, J. Fahrenkrug, and F. Fonnum, "Plasma Concentration of Vasoactive Intestinal Polypeptide during Prolonged Physical Exercise, Calorie Supply Deficiency, and Sleep Deprivation," *Scand J Gastroenterol*, vol. 18, pp. 1057-1062, 1983.
- [110] O. Øktedalen, P. K. Opstad, H. L. Waldum, and R. Jorde, "The Fasting Levels and the Postprandial Response of Gastroenteropancreatic Hormones before and after Prolonged Fasting," *Scand J Gastroenterol*, vol. 18, pp. 555-560, 1983.
- [111] O. Øktedalen, P. K. Opstad, R. Jorde, and O. B. Schaffalitzky De Muckadell, "Responses of Vasoactive Intestinal Polypeptide, Secretin, and Human Pancreatic Polypeptide to Glucose during Fasting," *Scand J Gastroenterol*, vol. 19, pp. 59-64, 1984.
- [112] O. Øktedalen, A. Nesland, P. K. Opstad, and A. Berstad, "The Influence of Prolonged Physical Stress on Gastric Juice Components in Healthy Man," *Scand J Gastroenterol*, vol. 23, pp. 1132-1136, 1988.
- [113] O. Øktedalen, O. C. Lunde, P. K. Opstad, L. Aabakken, and K. Kvernebo, "Changes in the Gastrointestinal Mucosa after Long-Distance Running," *Scand J Gastroenterol*, vol. 27, pp. 270-274, 1992.
- [114] C. Helle, "Restitusjon," <http://www.olympiatoppen.no>: Olympiatoppen, 2003, pp. 1-10.
- [115] A. Viru, "Postexercise recovery periode: karbohydrat and protein metabolism," *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, vol. 6, pp. 2-14, 1996.
- [116] W. D. McArdle, F. I. Katch, and V. L. Katch, "Energy Transfer in Exercise," in *Exercise Physiology*, Third ed 1991, pp. 123-144.
- [117] O. Ronsen, J. Kjeldsen-Kragh, E. Haug, R. Bahr, and B. K. Pedersen, "Recovery time affects immunoendocrine responses to a second bout of endurance exercise," *Am J Physiol Cell Physiol*, vol. 283, pp. 1612-1620, 2002.
- [118] P. K. Opstad and A. Aakvaag, "The effect of a High Calory Diet on Hormonal Changes in Young Men During Prolonged Physical Strain and Sleep Deprivation," *Eur J Appl Physiol*, vol. 46, pp. 31-39, 1981.
- [119] P. K. Opstad and A. Aakvaag, "Decreased Serum Levels of Oestradiol, Testosterone and Prolactin During Prolonged Physical Strain and Sleep Deprivation, and the Influence of a High Calory Diet," *Eur J Appl Physiol*, vol. 49, pp. 343-348, 1982.
- [120] P. K. Opstad, O. Øktedalen, A. Aakvaag, F. Fonnum, and P. K. Lund, "Plasma renin activity and serum aldosterone during prolonged physical strain," *Eur J Appl Physiol*, vol. 54, pp. 1-6, 1985.
- [121] T. O. Rognum, F. Vartdal, K. Rodahl, P. K. Opstad, O. Knudsen-Baas, K. Elisabet, and W. R. Withey, "Physical and mental performance of soldiers on high- and low-energy diets during prolonged heavy exercise combined with sleep deprivation," *Ergonomics*, vol. 29, pp. 859-867, 1986.

- [122] P. K. Opstad, "The Plasma Vasoactive Intestinal Peptide (VIP) Response to Exercise is Increased After Prolonged Strain, Sleep and Energy Deficiency and Extinguished by Glucose Infusion," *Peptides*, vol. 8, pp. 175-178, 1987.
- [123] P. K. Opstad, M. Bratveit, P. Wiik, and A. Boyum, "The dynamic response of the β 2- and α 2- adrenoceptors in human blood cells to prolonged exhausting strain, sleep and energy deficiency," *Biogenic Amines*, vol. 10, no. 4, pp. 329-344, 1994.
- [124] P. K. Opstad, P. Wiik, A.-H. Haugen, and K. K. Skrede, "Adrenaline stimulated cyclic adenosine monophosphate response in leucocytes is reduced after prolonged physical activity combined with sleep and energy deprivation," *Eur J Appl Physiol*, vol. 69, pp. 371-375, 1994.