

Rapport 6. F17 – Flygvapenövning 2014.

Elin Ekblom Bak, Tobbe Pettersson, Mikael Flockhart, C Mikael Mattsson, Björn Ekblom.
Militärmedicinska forskningsgruppen
Åstrandlaboratoriet
Gymnastik- och idrottshögskolan, GIH.
Stockholm

Sammanfattning

På uppdrag av Försvarsmakten genomförde Militärmedicinska forskningsgruppen vid Åstamlaboratoriet vid Gymnastik- och idrottshögskolan Stockholm (GIH), en observationsstudie gällande fysiologisk/medicinsk belastning på 14 flygplatsjägare under en fältövning med beteckningen ”F 17 - Flygvapenövning 2014”.

Övningen var indelad i tre etapper, varav den första (c:a 42 tim) och sista (c:a 59 tim) planerades vara mer fysiskt och psykiskt krävande än den mellersta (c:a 114 tim). Registrering av hjärtfrekvens gjordes under hela övningen. Fysiologiska mätningar samt blodprov togs före och efter varje etapp samt efter c:a 12 timmars vila med sedvanliga kost efter övningens avslutande.

Beräkningar av energiomsättningen för de tre etapperna inklusive viloperioder var c:a 308, 185 respektive 369 kcal/tim, resulterande i totalt c:a 13 000, 21 100 respektive 21 600 kcal per etapp eller totalt c:a 55 700 kcal för hela övningen. De höga fysiska belastningarna i etapp ett och tre är klart högre än tidigare uppmätta data i svenska och utländska militära operationer. Vissa delar av etapp tre resulterade i fysiska belastningar som var på ungefär samma nivå som vid tävlingar i längre uthållighetsidrotter.

Den höga belastningen resulterade i stora förändringar i fysiologiska parametrar och medicinska markörer. Vissa mätningar av muskelstyrka i armar och ben liksom maximal syreupptagning försämrades. Testosteron sjönk under hela övningen kraftigt. Dessa och andra uppmätta data talar för att fysiska arbetsförmågan – i förlängningen ”stridsvärdet” – blev klart försämrat under övningen.

Mätningen 12 timmar efter övningens avslut visade oväntade resultat. Den subjektiva ansträngningskänslan under standardiserat cykelarbete var klart förbättrat av 12-timmarsvilan efter övningen. Däremot var flertalet medicinska och fysiologiska värden oförändrade jämfört med värden vid testerna 12 timmar tidigare och därmed var de klart lägre än vid testet innan övningens start. Det är uppenbart att återhämtning av stridsvärdet inte kan bedömas subjektivt utan måste avgöras genom reliabla psykologiska och fysiologiska mätningar.

Undersökningen har gett underlag för fortsatta studier rörande bland annat typer av energitillskott under övning, olika strategier för snabb återhämtning samt försök att finna markörer för individuella reaktionsmönster på ”stridsvärde” under långvariga militära operationer.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Inledning	4
Syfte	4
Övergripande upplägg	4
Kostförsöket	5
Metoder	5
Resultat	10
Diskussion	16
Återhämtning	18
Relevans för Försvarmakten	19
Referenser	20

Inledning

På uppdrag av FoT-gruppen vid Försvarmakten genomförde Militärmedicinska forskningsgruppen vid Åstandlaboratoriet vid Gymnastik- och idrottshögskolan Stockholm (GIH), en observationsstudie gällande fysiologisk/medicinsk belastning på flygplatsjägare under stridsövning.

Fältövningens övergripande syfte och målsättning var att säkra flygplats under beteckningen ”F 17 - Flygvapenövning 2014”.

Syfte

Syftet med den föreliggande fysiologiska/medicinska undersökningen var att dokumentera och beskriva fältövningen med avseende på att:

- 1) studera totala energiomsättningen under hela övningen
- 2) bedöma övningens inverkan på gruppens stridsvärde genom mätningar av konsekvenser på fysiologiska funktioner såsom kondition och muskelstyrka samt studier av övningens inverkan på vitala medicinska parametrar såsom hormonsystem, immunförsvar mm
- 3) bedöma effekten av energitillskott under övningen
- 4) bedöma återhämtningen efter övning under c:a 12 timmars fullständig vila med fullvärdig kost

Övergripande uppläggning av fältövningen och undersökningen

Fältövningen genomfördes i tre etapper med fysiologiska/medicinska undersökningar före och efter varje etapp samt ett undersökningstillfälle 12 timmar efter övningens slut, således vid fem undersökningstillfällen under tiden 2014 05 12 och 2014 05 22. Fyra av de fem fysiologiska/medicinska undersökningarna under övningen genomfördes på morgonen utan föregående kostintag. Ett femte undersökningstillfälle (U 4) genomfördes på eftermiddagen efter avslutad övning minst 3 timmar efter senaste måltid. Alla undersökningar vid de fem tillfällena genomfördes med samma metodik

Fältövningen startade vid flygflottiljområdet F17 i Ronneby. Övningen planerades för femton jägare, men en jägare insjuknade strax före start. Innan övningen inleddes genomfördes en första undersökning av de 14 jägarna (U 1). Första etappen genomfördes därefter under c:a 42 timmar i terrängen runt flygflottiljen. Avsikten i den delen var en anfallsövning som enligt uppgift skulle vara fysiskt ganska betungande. Efter avslutad första etapp genomfördes en andra omgång av medicinska/fysiologiska mätningar (U 2). Omedelbart därefter påbörjades etapp 2. Denna andra etapp genomfördes huvudsakligen i Småland runt övningsfältet Hagshult under c:a 114 tim.

Denna etapp var enligt plan mer av förvaltande karaktär och därmed något mindre fysiskt ansträngande. Denna del av fältundersökningen avslutades med en tredje omgång av fysiologiska mätningar (U 3). Därefter inleddes fältövningens tredje etapp i stort samma område som andra etappen. Den pågick under c:a 59 timmar. Enligt plan skulle denna etapp vara mycket fysiskt betungande med mycket mindre tid för sömn och vila. Denna etapp avslutades till skillnad från de tidigare tre undersökningarna på eftermiddagen med en fjärde omgång medicinska/fysiologiska mätningar (U 4). Detta var givetvis inte bra ur undersökningssynpunkt men å andra sidan var den fysiska belastningen under tredje etappen så hög att effekten av skillnad dygnstid mellan de tre första och den nu fjärde undersökningen bedöms ha mycket liten betydelse.

Efter avslutade undersökningar i U 4 betraktades fältövningen som avslutad. En femte omgång av medicinska/fysiologiska mätningar (U 5) genomfördes påföljande morgon. Den genomfördes för att värdera återhämtningen under c:a 12 timmars sömn och vila samt fullgod kost efter en fysiskt mycket ansträngande övning. Efter U 5 var de medicinska/fysiologiska undersökningarna avslutade. Totala fältövningstiden var c:a 215 timmar. Eftersom varje undersökning (U1 – U5) tog c:a 2 timmar vardera varierar den individuella mättiden med pulsklockor, accelerometrar och GPS under etapperna något.

Kostförsöket

Eftersom övningen hade två etapper, nummer ett och tre, som planerades vara mer fysiskt ansträngande samt en mellanetapp med lättare fysisk belastning, var avsikten att genomföra en ”cross-over”-undersökning gällande energitillskott, eftersom tidigare undersökningar av soldater under längre övningar visat stort energiunderskott beroende på både otillräckligt energiintag och stor energiförbrukning (9, 10). Under den första etappen skulle därför hälften av deltagarna i tillägg till de ordinarie fältransonerna få en kostförstärkning med olika energibarer mm. Den andra hälften av truppen skulle på motsvarande sätt få motsvarande kostförstärkning under tredje etappen. Alla deltagare fick i övrigt samma tilldelade kost under hela övningen. Tyvärr blev av olika skäl denna del av undersökningen misslyckad – se Diskussionen. Någon mer exakt bestämning av totala energiintaget och därmed bedömning av energiunderskott för delar eller hela övningen kunde heller inte göras av logistiska skäl.

Metoder

Statistikredovisning: Alla data utom för upplevd ansträngning – dvs RPE-värdet enligt Borg (3) - presenteras som gruppmedel \pm standardavvikelse. Vad gäller RPE värdet har medianvärdet angivits. Signifikansnivå (alfa) är satt till $p < 0.05$, $p < 0.01$ respektive $p < 0.001$. I undersökningens fyra mätpunkter har upprepad Anova (Repeated Anova) används för signifikansräkning mellan

U 1 och U 4 med hänsyn taget till mellanliggande mätpunkter. För signifikansberäkning mellan U 4 och U 5 har sedan vanligt parat t-test använts.

Deltagare: Totalt deltog 14 flygplatsjägare, i medeltal 23 ± 2 (20 - 37) år. Medellängden var 183 ± 5 (172 – 192) cm och medelvikten före övningen 85.8 ± 7.2 (74.3 – 95.7) kg. Vid starten av övningen mättes också totalvikten, dvs kroppsvikt plus all klädsel och utrustning. I genomsnitt var totalvikten 136.2 ± 9.9 (117.8 – 159.9) kg. Den burna vikten utöver kroppsvikten var i genomsnitt 52.9 ± 9.0 (41.5 – 58.4).

Information: Före övningen erhöll alla jägare en skriftlig information. Dessutom blev de i grupp informerade om försöksupplägg, samt att de kunde lämna försöket när som helst utan att ange någon förklaring. Vid starten av försöksundersökningarna gav de sitt skriftliga medgivande om deltagandet i undersökningen. Ingen jägare avbröt undersökningen. Studiens upplägg och genomförande var godkänd av Regionala Etikprövningsnämnden i Stockholm.

Minst tre timmar efter senaste måltid genomfördes alla tester och undersökningar enligt följande:

Vikt: Före övriga tester vägdes jägarna i lätt klädsel på sedvanlig våg med precisionen 0.1 kg.

Muskelstyrka: Benmuskelstyrka bedömdes från resultatet av vertikalthopp dels från stillastående position med 90 graders böjning i knäled (SJ-hopp) och dels efter snabb nedgång och upphopp med armsving (*CounterMovement Jump*, CMJ). Båda hoppen registrerades på en elektronisk hopp-platta (Optojump, MicroGate, Italy). Bästa resultat av två försök användes vid resultatredovisning. Tyvärr fick två jägare knäbesvär av övningen och kunde inte genomföra dessa tester vid U 4 och U 5.

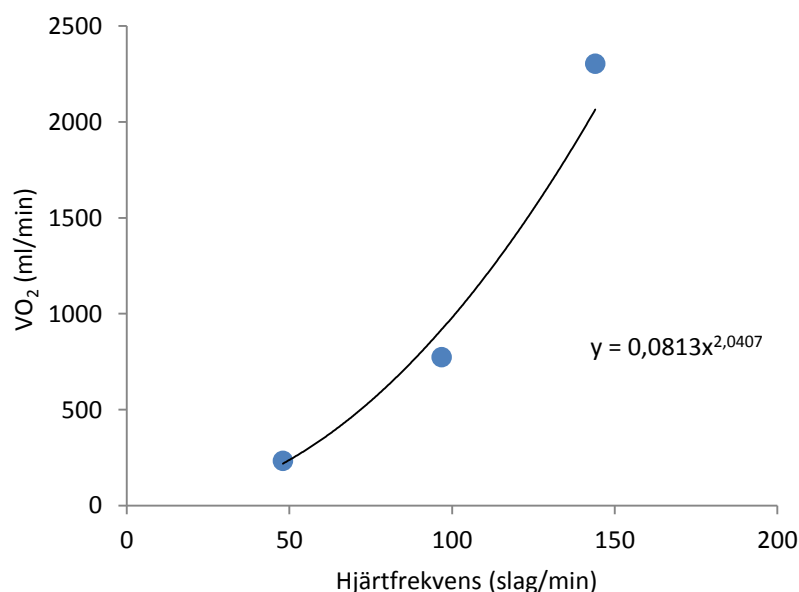
Handgripstyrka mättes med isometrisk greppstyrkeapparat. Bästa resultat av två försök med vänster respektive och höger hand användes också vid resultatredovisning.

Maximal syreupptagning: För beräkning av maximal syreupptagningsförmåga genomfördes ett submaximalt ergometercykeltest enligt Ekblom-Bak och medarbetare (6) med samtidig skattning av subjektiv ansträngningsgrad (RPE-värde) enligt Borg (3). Testet innebär registrering av hjärtfrekvensen vid två belastningar med kadens 60 rpm. Under den första belastningen är motståndet 0.5 kp, motsvarande 30 W, vilket genomförs av samtliga. Motståndet på den andra belastningen valdes så att soldatens upplevda subjektiva ansträngning (RPE-värde) nådde nivån ca 12-15 enligt Borgs ansträngningsskala, vilket motsvarar ”Lätt” till ”Något ansträngande” belastning. Samma individuella belastningar genomfördes sedan vid samtliga mättillfällen under övningen.

Hjärtfrekvensregistrering: Samtliga jägare bar en pulsklocka (RS400 och RS800, Polar Electro Oy, Finland) för registrering av hjärtfrekvens från starten till hela övningens slut. Vid senare analyser av dessa data användes medelvärden av 15 sekundsregistreringar.

Under så lång tid som fältövningen omfattar (c:a 215 timmar) fungerar inte alltid registreringarna som förväntat. Det kan bero på dålig kontakt mellan hud och hjärtfrekvensmätare eller av andra skäl. Emellertid, hjärtfrekvensregistreringen fungerade tillfredställande för tre jägare under hela övningen samt ytterligare 5 jägare under etapp tre, som blev den tyngsta av de tre etapperna. Hjärtfrekvensdata arrangerades efter en tidsaxel och räknades om till medelvärden för varje minut. På grund av databortfall vid olika tidpunkter och det likartade utseendet av hjärtfrekvenskurvan över hela övningen för olika jägare så kunde bortfall av registreringar ändå beräknas med stor sannolikhet. Slutgiltiga värden presenteras som medelvärden beräknade utifrån tillgängliga individuella data.

Beräkning av energiomsättning: Med utnyttjandet av data vid första teststillfället skapades för varje individ en kurva med syreförbrukning på y-axeln samt hjärtfrekvens på x-axeln. För x-axelvärden användes lägsta stabila hjärtfrekvens under övningen, vilket bedömdes vara likvärdigt med vilovärde, troligen under sömnperioder, samt medelvärdet av hjärtfrekvensen under de två sista minuterna vid arbetet på de två belastningarna under submaximala cykeltesterna. Angiven syreförbrukning vid submaximala arbetsbelastningar vid det genomförda Ekblom Bak-testet användes för att skapa en individuell relation mellan hjärtfrekvens och syreförbrukning. I Figur 1 presenteras en sådan regressionskurva, vilken också användes vid de påföljande fyra teststillfällena. Beräkning av energiförbrukningen utifrån syregasomsättning tog inte hänsyn till förändringar i RQ-värden utan antogs vara 4.85 kcal per liter syre och minut. Ej registrerad tid i vila antogs vara vilometabolism på 250 ml syre och minut, vilket motsvarar 1.25 kcal per minut.



Figur 1. Beräkningsmodell för syreförbrukning och hjärtfrekvens som medelregressionskurva för en individ.

Accelerometrar: Alla jägare bar accelerometrar på höften. Dessa registrerar alla rörelser under hela övningen. Utifrån uppmätta data från dessa accelerometrar, registrerade med eller utan buren utrustning, var avsikten att uppskatta energiomsättning via en algoritm. Använd algoritm är baserad på data från pågående försök i vårt laboratorium, där försökspersoner burit 20, 30 respektive 50 kg i hastigheter motsvarande de som jägarna genomförde under övningen. Denna del av undersökningarna gav helt acceptabla värden. De beräknade värdena på energiförbrukning med hjärtfrekvens och accelerometri är mycket trovärdiga. Ändå finns frågetecken rörande hur stor inverkan buren vikt har på slutresultatet. Först när kompletterande undersökningar i laboratoriemiljö (som nu genomförs), kommer slutanalys av insamlade accelerometridata kunna göras.

Blodprov: Två blodprov från en ytlig armbågsven togs i liggande för vidare analyser vid samtliga undersökningstillfällen (U1 – U5). Proven centrifugerades i 5 min på 10 000 varv/min. Plasma kylades senare ner i -70°C för senare analyser.

Analys av ämnen i blodprover

I blodproverna före och efter övningen genomfördes följande mätningar. Alla mätningar genomfördes med standardmetoder med mycket god reproducerbarhet, vilka inte redovisas här.

Fria fettsyror (FFA): FFA är fettsyror frisätts från fettdepåer eller upptag från tarmen och används för energiomsättning eller uppbyggnad i vissa celltyper. Frisläppning av de energirika FFA från fettdepåer i kroppen sker för att motverka energiunderskott under längre tid. Nackdelen är att längre tids förhöjd FFA-nivå kan ha negativa medicinska effekter.

Kolesterol (Kol): Kolesterol är ett fettaktigt ämne, som är byggsten i alla cellers membran, har stor betydelse för viktiga biokemiska processer i kroppen och är byggsten till D-vitamin, testosteron och andra viktiga ämnen. När det gäller kroppens benägenhet att utveckla bl.a. hjärt- och kärlsjukdom indelas denna substans i allmänhet i ”bra” (HDL) och ”dåligt” (LDL, VLDL) Kol. Undergrupper av Kol bestämdes dock inte i denna undersökning. En sänkning av Kol minskar riskerna för hjärt- och kärlsjukdomar. Det mesta kol i kroppen bildas i levern och andra inälvorgan, medan endast en liten del av kol kommer från kosten.

Kortisol: Ett hormon med många funktioner. Vid fysisk aktivitet och psykisk stress stegras hormonet för att minska vissa stresshormoners inverkan på olika organ och funktioner. Vid lätt förhöjda värden skyddar kortisol mot förändringar i immunsystemet men vid kraftigt förhöjda värden får kortisol omvänd effekt. Vid svält kan kortisol bryta ner muskelproteiner för att upprätthålla blodsockernivåerna.

Testosteron: Bortsett från effekten på sexualdrift påverkar hormonet fysisk prestationsförmåga. Tillsammans med tillväxthormon och IGF-1 deltar testosteron i proteinsyntes och bygger upp muskler, men har dock också effekter på flera hjärnfunktioner. Testosteronhalten är av naturliga

skäl mycket högre hos män än kvinnor, och sjunker med stigande ålder. Sänkta testosteronvärden tolkas alltid som negativt för den fysiska och psykiska prestationsförmågan.

Kvot kortisol/testosteron: En kvot mellan kortisol och testosteron används för att värdera stress och risk för eventuell överbelastning. Inom idrotten används kvoten för att bedöma risken för överträning. Stress innebär ofta en sänkt testosteronhalt. Om denna stress också leder till ökning av halten kortisol blir en kvot mellan testosteron och kortisol ett mycket tydligt tecken på negativ inverkan av den fysiska belastningen på generella kroppsliga funktioner.

Insulinliknande faktor 1 (IGF-1): IGF-1 har generell tillväxteffekt, speciellt på proteinsyntes, men också andra effekter på många organsystem. Koncentrationen av IGF-1 är som högst hos unga vuxna (16 – 25 år), lika mellan kvinnor och män och sjunker med stigande ålder. Studier har visat att minskning av IGF-1 korrelerar med förlust av fett-fri kroppsmassa och andra förändringar vid långvarigt arbete med energiunderskott (17). IGF-1 har också en insulinliknande effekt som kan sänka blodglukoshalten. En sänkning av IGF-1 en skyddande verkan mot uppkomst av olika sjukdomar. För en detaljerad analys av effekten på IGF-1 av fysiskt arbete, energiunderskott och sömnbrist bör alla undergrupper av IGF-1 analyseras liksom några receptorer som reagerar på ämnet. Detta är inte gjort i denna undersökning, men bestämning av enbart IGF-1 räcker för en översiktlig analys, vilket visats tidigare undersökningar på militärpersonal under övningar (16).

Interleukin 6 (IL-6): IL-6 är ett protein som frisätts vid långvarigt och/eller intensivt arbete och är främst relaterat till hälsfunktioner men påverkar även andra organsystem. Bildas också vid inflammatoriska tillstånd, vilket gör att värderingar av förändringar av IL-6 under långtidsarbete kan vara svåra.

Resultat

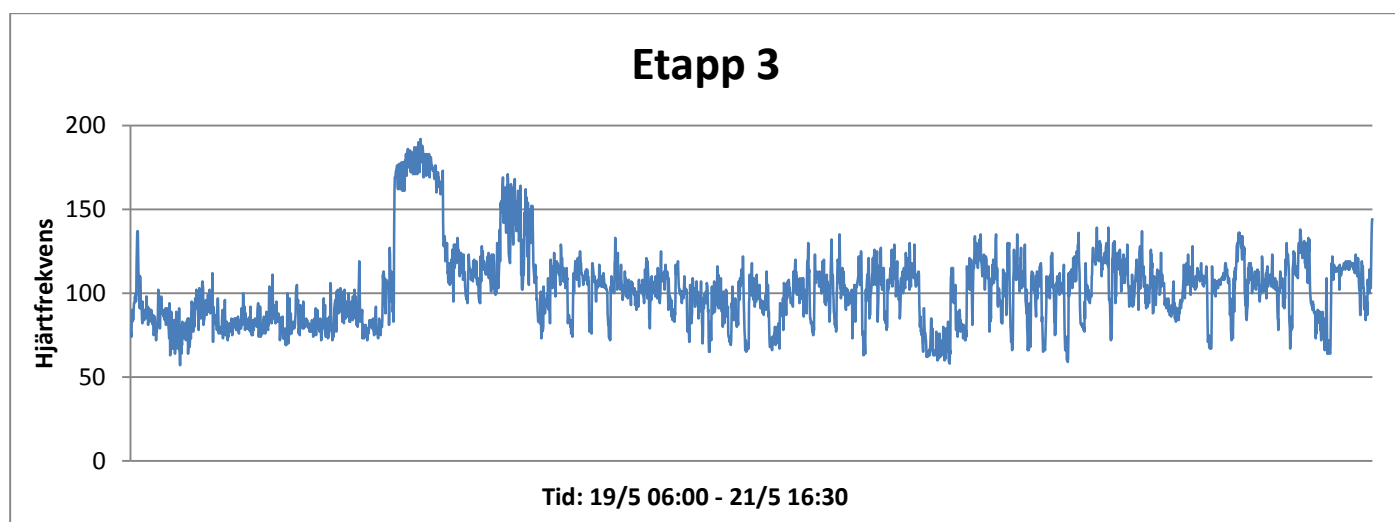
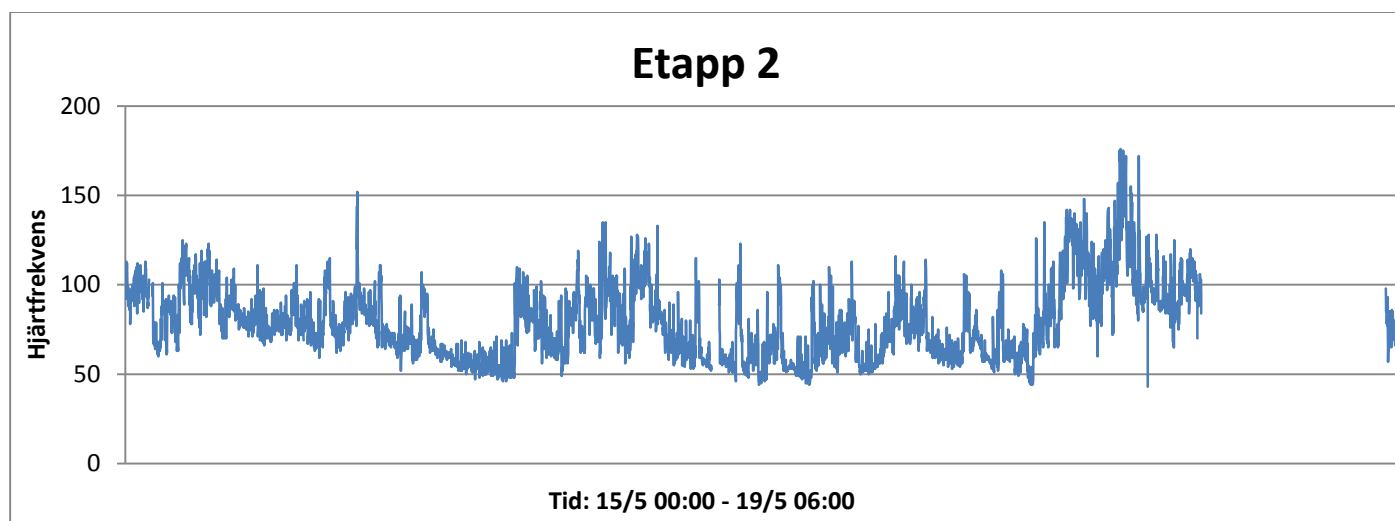
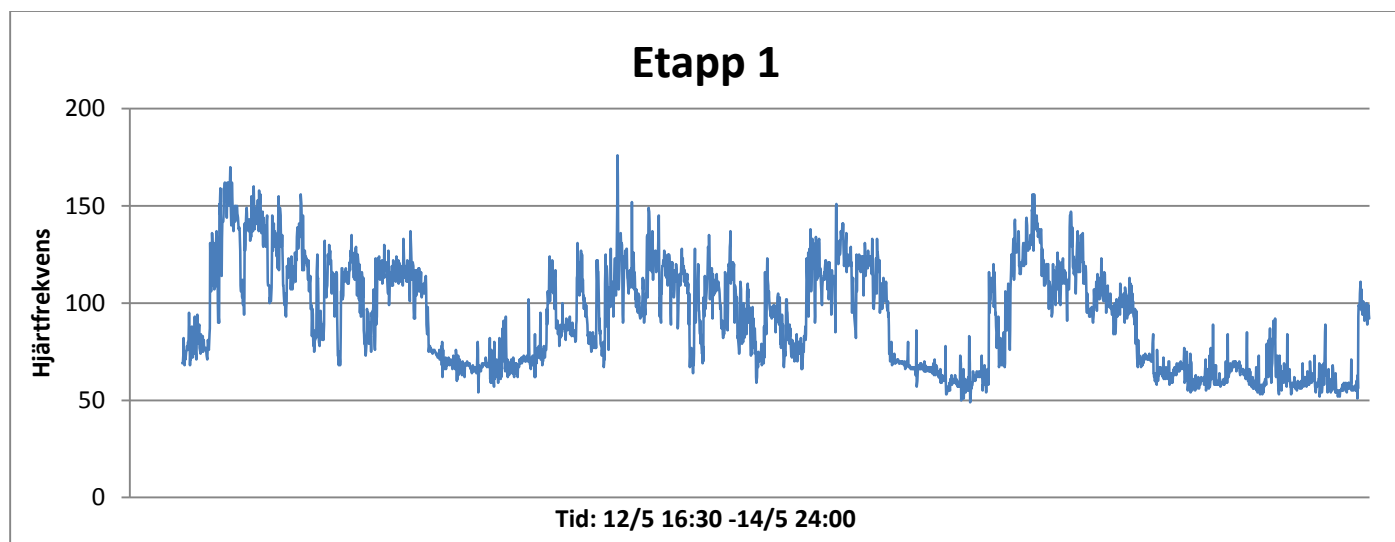
Beskrivning av fysiska belastningen under övningen

I figur 1 redovisas hjärtfrekvensen under hela övningen omfattande både arbets- och viloperioder hos en jägare, men registreringar från andra jägare visar liknande belastningsbild. Den översta registreringen gäller etapp 1 (c:a 42 tim), mellersta delen etapp 2 (c:a 114 tim) och nedre delen etapp 3 (c:a 59 tim). Observera att tidsutsträckningen i figuren varierar något mellan de tre etapperna.

Ytterligare två jägare hade bra registreringar under hela övningen. Eftersom avsikten med hjärtfrekvensregistreringarna var att ge en översiktlig bild av arbetstyngd och energiomsättning för denna typ av övning får dessa tre soldater representera hela gruppens beräknade värden då de 14 jägarna arbetade tillsammans under hela övningen. Etapp 1 innehöll tre perioder av fysiskt arbete med medelhjärtfrekvens på 120, 114 respektive 118 slag/min samt tre längre perioder av vila och lättare arbete. För de tre jägarna var medelhjärtfrekvensen för hela etappen inklusive viloperioder 89 slag/min. Den fysiologiska belastningen motsvarade c:a 50% av maximal syreupptagning med toppar under lite längre perioder på uppåt 60 till 70% av maximal syreupptagning.

Etapp 2 var huvudsakligen lättare fysiskt arbete utom på slutet med 12 timmar något tyngre arbete. Under hela etappen var medelhjärtfrekvensen 79 slag/min. Denna får anses vara relativt lätt i jämförelse med de två andra etapperna.

Etapp 3 innehöll i den tidigare delen en 3,5 tim lång period med mycket tungt arbete. För de tre jägare med goda registreringar var medelhjärtfrekvensen 172 slag/min, motsvarande drygt c:a 80 % av maximal syreupptagning. Den perioden av etappen får anses innebära mycket hård belastning, helt i paritet med uthållighetsidrott under motsvarande tid. Denna första hårda period följdes av c:a 20 timmar relativt tung fysisk belastning med endast en kortare period av vila och lättare belastning. Övningen avslutades med ytterligare en relativt tung period. Medelhjärtfrekvensen för de tre jägarna under denna etapp blev 103 slag/min.



Beräkning av energiomsättning

Den beräknade totala energiomsättningen för de tre jägarna vid de tre etapperna var 12 940, 21 143 respektive 21 642 kcal, totalt 55 725 kcal, motsvarande 308, 185, respektive 369 kcal/tim, vilket således är den genomsnittliga belastningen för de tre etapperna inklusive viloperioder. Genomsnittlig energiomsättning inkluderande viloperioder för hela för 215 timmar långa övningen var 259 kcal/tim.

Kroppsvikt

Vikten för hela gruppen sjönk från 85.8 ± 6.9 kg före (U1) till 80.3 ± 6.9 kg (U 4) efter övningen, en sänkning med 5.5 ± 1.1 kg ($P < 0.001$). Återhämtningen från U 4 till U 5 resulterade bara i en mindre ökning av kroppsvikten med 1.9 ± 0.9 kg till 82.2 ± 6.9 kg ($p < 0.05$) – se vidare Tabell 1. Viktökningen kan troligen förklaras av ökat kroppsvatten efter det långa arbetets vätskeförluster.

Tabell 1. Vikt, upphopp och handgripstyrka vid de fem undersökningstillfällena. Antal inkluderade i analysen var $n = 14$ utom i upphopp vid U 4 och U 5 där $n = 12$. Signifikanta skillnader ($p < 0.05$) mellan U 1 och U 4 = *, mellan U 4 och U 5 = **.

Mått	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5
Vikt	85.8 ± 7.2	84.7 ± 7.2	83.9 ± 7.0	$80.3 \pm 6.8^*$	$82.2 \pm 6.9^{**}$
Grip vä	580 ± 79	603 ± 86	600 ± 85	556 ± 69	574 ± 83
Grip hö	616 ± 64	645 ± 100	599 ± 86	$556 \pm 74^*$	559 ± 82
Hopp Sq	33.5 ± 3.8	29.1 ± 8.7	28.3 ± 9.2	$28.0 \pm 8.1^*$	28.5 ± 4.9
Hopp CM	42.2 ± 5.2	40.8 ± 3.8	39.5 ± 4.3	39.8 ± 7.0	39.7 ± 6.0

Muskelstyrka

Muskelstyrkan i armar och ben redovisas i Tabell 1. Gripstyrkan i vänster hand var något men inte signifikant försämrad över hela övningen mellan U 1 och U 4. I höger hand försämrades styrkan ($p < 0.05$) under de olika undersökningstillfällena under övningen (U1 till U 4) och restituerades inte till undersökningstillfället vid U 5 ($p > 0.05$). Bägge hoppstesterna visade motsvarande försämringar i benstyrkan mellan U 1 till U 4 som uppmättes i gripstyrka i händerna. Emellertid, Hopp CM var försämringen inte statistiskt signifikant vilket den i Hopp Sq var ($p < 0,05$). Inte heller förelåg några förbättringar under återhämtningen till U 5.

Cirkulation

Värden på hjärtfrekvens och subjektiv upplevd ansträngning på de båda belastningarna samt beräknad maximal syreupptagningsförmåga redovisas i Tabell 2.

Tabell 2: Hjärtfrekvens (HF) och subjektiv trötthetsgrad (RPE) vid låg och hög belastning på cykelergometer samt beräknad maximal syreupptagning (VO_2max). Signifikanta skillnader ($p < 0.05$) mellan U 1 och U 4 = * och mellan U 4 och U 5 = **.

Mått	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5
HF låg, slag/min	91.4±7.6	96.1±10.2	84.1±9.6	96.7±9.4	87.7±7.5**
HF hög, slag/min	138.6±8.1	141.8±11.3	131.8±7.1	147.9±6.9 *	135.2±7.2 **
RPE låg	6	7	7	7.5 *	7 **
RPE. hög	14	15	14	16 *	15 **
VO_2max , l/min	4.50±0.23	4.42±0.19	4.38±0.18	4.32±0.15 *	4.38±0.17
VO_2max , ml/min/kg	52.2±5.0	52.4±3.7	52.5±5.1	54.2±5.2	53.8±4,4

Maximal syreupptagning, beräknad från submaximalt cykelarbete, sjönk gradvis under övningen från 4.50±0.22 l/min vid U 1 till 4.32±0.15 l/min ($p < 0.01$) vid U 4 och förändrades inte alls vid återhämtningen 12 timmar senare. Emellertid, den relativa maximala syreupptagningen, där L/min dividerats med aktuell kroppsvikt, steg något från 52,2±5,0 till 54.2 ± 5.2 ml/min och kg kroppsvikt ($p > 0.05$, beroende på den kraftigt sänkta kroppsvikten. Någon förändring under återhämtningen förelåg inte.

Vid det låga submaximala cykelarbetet varierade hjärtfrekvensen något under de fyra undersökningarna men var oförändrad mellan U 1 och U 4. Vid återhämtningen var hjärtfrekvensen sänkt från 96.7 ± 9.4 till 87.7 ± 7.5 slag/min ($p < 0.01$). Vid den högre arbetsbelastningen var hjärtfrekvensen signifikant högre vid U 4, 147.9 ± 6.9 slag/min, jämfört med U 1, 138.6 ± 7.6 slag/min ($p < 0.05$) men var vid återhämtningen klart lägre än vid övningens slut -135.2 ± 7.2 slag/min ($p < 0.001$).

Känslan av ansträngning var trendmässigt signifikant förhöjd under övningen både på den låga och höga belastningen och var förhöjd vid U 4. Återhämtningen från U 4 till U 5 innebar en sänkning av RPE på de bägge belastningarna, dock bara signifikant på den högre belastningen ($p < 0.01$).

Blodprover

Resultaten av analyser av de olika blodproverna återfinns i Tabell 3.

Tabell 3. Analyser av substanser av plasmaprover. Signifikanta skillnader ($p < 0.05$) mellan U 1 och U 4=*, mellan U 4 och U 5=**.

Ämne	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5
FFA mmol/L	0.08 ± 0.02	0.12 ± 0.04	0.10 ± 0.02	0.16 ± 0.05 *	0.08 ± 0.01 **
Kolesterol mmol/L	3.91 ± 0.65	3.79 ± 0.50	3.41 ± 0.54	3.29 ± 0.46 *	3.00 ± 0.55 **
Kortisol nmol/L	198.0 ± 66.1	189.8 ± 86.1	248.9 ± 59.7	225.6 ± 95.8	162.5 ± 63.3 **
Testosteron mmol/L	11.1 ± 4.69	7.30 ± 2.7	7.9 ± 3.0	5.4 ± 3.6 *	6.8 ± 3.4 **
Kvot Kort/Testo	20.2 ± 11.4	29.5 ± 18.0	34.9 ± 13.8	66.1 ± 51.9 *	30.9 ± 22.2 **
IGF-1 mikrog/L	5.16 ± 1.38	6.07 ± 1.12	6.38 ± 1.98	7.14 ± 1.88 *	6.92 ± 1.82
IL-6 pg/L	8.97 ± 2.57	10.14 ± 1.85	10.45 ± 1.34	11.46 ± 2.78	11.60 ± 3.11

FFA: Som förväntat steg FFA kontinuerligt under övningen ($p < 0.001$) men sjönk ner kraftigt under 12-timmarsvilan ($p < 0,001$).

Kolesterol: Medelvärdet för Kol sjönk kontinuerligt under hela övningen. Från start till övningens slut (U 1 – U 4) 0,62 mmol/l ($p < 0.001$). Vid återhämtningen sjönk kol ytterligare ($p < 0.001$).

Kortisol: Stresshormonet kortisol visa stora individuella svängningar mellan de olika undersökningarna. Även om medelvärden var något högre vid U 2, U 3 och U 4 var inte förändringarna statistiskt säkerställda. ($p > 0.05$). Emellertid, nivån av kortisol sjönk signifikant från U 4 till U 5 ($p < 0.05$).

Testosteron: Värdet på testosteron sjönk mycket kraftigt från U 1 till U 4 ($p < 0.01$) med vissa individuella variationer vid undersökningarna U 2 och U 3. Testosteronvärdet steg något till undersökningen vid U 5 ($p < 0.05$), men var fortfarande sänkt jämfört med värdet före övningen (U 1).

Kvot kortisol/testosteron: Med förändringarna i kortison och testosteron är det inte förvånande att kvoten mellan dessa substanser sjönk mycket. Förändringen mellan U 1 och U 4 var kraftig ($p < 0.05$). Kvoten förändrades emellertid också mellan U 4 och U 5 ($p < 0.01$) men var ändå lika med kvoten före övningen U 1.

IGF-1: Koncentrationen av IGF-1 steg gradvis under hela övningen från U 1 till U 4 men nådde inte statistisk signifikans ($p = 0.07$) men förblev oförändrat till U 5 ($p > 0.05$).

IL-6: Värdet för IL-6 steg gradvis under hela övningen men var vid U 4 inte signifikant högre som trend eftersom det förelåg vissa individuella variationer ($p > 0.05$). Däremot förelåg inga förändringar mellan U 4 och U 5.

Diskussion

De beräknade värdena för energiomsättningen vid de tre etapperna av övningen visade på en genomsnittligt mycket hög fysisk belastning på de 14 jägarna. Övningen var planerad så att etapp 1 och 3 skulle vara de tyngre momenten i övningen medan mellanetappen skulle vara mer konserverade – bevakande. Detta återspeglar sig också i de beräknade energiomsättningsvärdena. Under etapp 1 var den genomsnittliga energiomsättningen 308 kcal/timme, inklusive viloperioder. Motsvarande under etapp 3 var 369 kcal/timme medan mellanetappens energiomsättning beräknades till 185 kcal/tim. Genomsnittliga energiomsättningen för hela övningen (215 timmar) var 259 kcal/timme. En sådan belastning under så lång tid inkluderande alla viloperioder under icke-idrottsliga förhållanden får anses vara mycket hög.

Belastningarna under etapp 1 och 3 är klart mycket högre än motsvarande vid tidigare undersökningar på svenska soldater. I en övning under 4 dygn i fjällmiljö var den genomsnittliga energiomsättningen under marsch, exkluderande viloperioder, 358 kcal/timme och 258 kcal/timme för hela den 100 timmar långa övningen (9). Totala energiomsättningen inklusive viloperioder under slutövningen i GMU under 8 dygn beräknades till 235 kcal/timme (10). Omsättningen vid etapp 3 i denna övning är inte långt ifrån motsvarande energiomsättning under tävlingsförhållanden vid vissa flerdygntävlingar i multisport (7). Motsvarande undersökningar på Amerikanska marinkårssoldater under 54 timmars respektive 7 dygns expeditioner redovisar en genomsnittlig energiomsättning på c:a 250 – 270 kcal/tim (5, 13), vilka var klart lägre än i föreliggande övning. Det är uppenbart att ”Flygplansövning 2014” var en belastningsmässigt mycket krävande övning. Registreringarna av hjärtfrekvensen under långa perioder av främst etapp 3 visade också på belastningsnivåer som gäller för länge tävlingar i uthållighetsidrotter (7).

Att energiomsättningen blev så stor kan till viss del förklaras av att jägarna i genomsnitt hade mycket tung utrustning av transportera. Den genomsnittliga burna vikten – således vikt utöver kroppsvikten – var c:a 53 kg, med en stor individuell variation (42 till 58 kg). Hur olika tung utrustning påverkar energiomsättningen och hur olika personer klarar av att bära tunga vikter studeras för närvarande i en undersökning i laboratoriemiljö på 19 manliga personer.

Under fysiskt tunga övningar är det välkänt från undersökningar på svenska såväl som på utländska soldater att de deltagande inte kan täcka upp energibehovet. Ett stort energiunderskott uppstår. Tidigare studier, som dock inte var lika fysiskt belastande jämfört med föreliggande övning, visade också att dessa underskott ger negativa effekter på olika aspekter på fysisk prestationsförmåga såväl som på ”stridsvärdet” (9, 10). En motsvarande värdering av stridsvärdet i denna övning hade möjligen resulterat i att försämringen hade varit än större.

En viktig slutsats från denna och tidigare studier är därför att säkerställa att energiintaget blir så stort som möjligt och därmed minska energiunderskottet. Eftersom soldater i allmänhet måste ha en viss del utrustning att transportera blir totala energiomsättningen i stort sett inte påverkbar. Därför var ett syfte med föreliggande undersökning att studera om energitillskott i en ”cross-

over”- design skulle kunde påverka jägarnas fysiska arbetsförmåga. Avsikten var att varje jägare skulle vara sin egen kontrollperson. Vid en etapp (t.ex. etapp 1) skulle man erhålla extra energitillskott men inte vid t.ex. vid etapp 3. Genom att jämföra prestationsförmågan för och efter etapp 1 och senare före och efter etapp 3, då man enbart erhållit tilldelad kost. skulle en jämförelse av kosttillskott på prestationsförmågan kunna göras. Emellertid, redan vid etapp 1 blev det uppenbart att denna modell inte gick att genomföra av logistiska skäl, varför detta syfte inte kunde utvärderas. För närvarande planeras en studie som ska genomföras under 2015 där syftet är att studera effekten av extra energitillskott på den fysiska arbetsförmågan och konsekvenserna på olika fysiologiska parametrar och medicinska substanser.

Tidigare svenska och internationella studier har visat att energiunderskott tillsammans med betydande sömnunderskott påverkar många fysiologiska funktioner. Föreliggande undersökning bekräftar i flera delar de tidigare resultaten. Viktnedgången var betydande. Muskelstyrkan i armar och ben var i likhet med tidigare resultat klart nedsatt (18, 21). I motsats till de två tidigare undersökningarna på fältövningar (9, 10) försämrades den maximala syreupptagningsförmågan (l/min) under övningen. Detta tillsammans med sänkt muskelstyrka innebär en klar försämring av totala fysiska prestationsförmågan, vilket i sin tur försämrar stridsvärdet såsom förflyttning med tyngre bördor. Orsaken till att denna övning jämfört med de två tidigare övningarna gav så tydliga effekter på prestationsförmågan kan vara att den fysiska belastningen vid denna övning var klart mycket större än de två tidigare. Emellertid, eftersom kroppsvikten också sjönk förblev den relativa maximala syreupptagningsförmågan (ml/kg/min) i stort oförändrad, vilket innebär mindre påverkad prestationsförmåga vid förflyttningar utan belastning. Den försämrade fysiska prestationsförmågan återspeglas också i högre subjektiv ansträngningskänsla vid submaximalt arbete (”Borgskalevärde) - se Tabell 2.

Den tynga fysiska ansträngningen och energiunderskottet under övningen gav också tydliga effekter på olika ämnen i blodet. Stegrande FFA och sänkta Kolesterolvärden är konsekvenser av energiunderskott, vilket var väntat från tidigare undersökningar under motsvarande förhållanden. Metabolismen blev mer beroende av fett som substrat. Vad gäller kortisol var den oförändrad i föreliggande undersökning likväl som i den tidigare undersökningen över 8 dygn (10). Emellertid, den intressanta observationen i denna undersökning är att det förelåg stora individuella variationer i kortisol, dels mellan olika individer men dels också mellan de olika undersökningstillfällena hos en och samma individ. De stora variationerna tolkas som en effekt av och som markör för en kombination av hög stressnivå och tung fysisk belastning. Vad dessa beror på är inte känt men det är en individuell reaktion som möjligen skulle kunna vara en markör tillsammans med andra ämnen vad gäller soldatens kapacitet och stridsvärde under dessa förhållanden.

Testosteron är känsligt och påverkas av stress och fysiologisk belastning. Detta är känt från vår tidigare undersökning på svenska soldater (10) såväl som från utländska motsvarande undersökningar (1, 18), men sänkningen i just denna övning var relativt stor. En sådan kraftig

nedgång av hormonet testosteron har negativ inverkan på många funktioner, inte minst kognitiva. Försök har gjorts att minska denna nedgång med extra proteintillskott under fältövningar. Detta har emellertid gett mycket blygsamt resultat (1). Troligen måste andra makroenergiämnen tillföras. Förändringarna i kortisol och testosteron innebär en mycket kraftig höjning av kvoten kortisol/testosteron, som en tydlig markör på den psykiska och fysisk stress som denna övning innebar. Mycket talar för att detta betyder en påtaglig sänkt prestationsförmåga – dvs stridsvärde.

Som påpekats tidigare är IGF-1 en biologisk markör för förändringar i hälsostatus, prestationsförmåga och olika kroppsfunktioner (11, 12, 13). Till skillnad från tidigare studier, som i allmänhet har rapporterat att IGF-1 varit oförändrad (7) eller sänkt (11, 12, 13), så var IGF-1 i denna undersökning förhöjt. Eftersom övningen resulterade i ett kraftigt energiunderskott, en sänkt prestationsförmåga och en lägre kroppsvikt samt att koncentration av testosteron gick ner, var den förväntade effekten att också koncentrationen av IGF-1 skulle ha blivit lägre. Orsaken till denna oväntade förändring är i stort okänd. Möjligen kan den extra tunga belastningen vara en orsak, men andra orsaker kan inte uteslutas.

Förändringen i IL-6 under övningen är i linje med motsvarande vid långvariga tävlingar (16) och i tidigare undersökning på militära operationer (7). IL-6 betraktas om markör för förändringar i immunförsvaret i normala fall, men eftersom det frisätts även vid tungt och långvarigt arbete är tolkningen av den aktuella förändringen svår. Även om det inte finns någon klar förklaring av förändringen i denna undersökning och heller inte vad detta har för konsekvens för olika funktioner, är det ändå viktigt att data rapporteras. I kommande studier kan dessa delvis oväntade resultat bli viktiga pusselbitar.

Återhämtning

”F14 – Flygplansövning 2014” var uppenbarligen en psykiskt och fysiskt tung övning. En intressant fråga är om 12 timmar av nattlig vila och sedvanlig kost kunde återställa olika fysiologiska funktioner och medicinska markörer till utgångsvärdena (U 1), men också om det skedde någon förändring från övningens slut (U 4).

De flesta fysiologiska mätvariabler och medicinska markörer var ganska kraftigt förändrade vid övningens slut (U 4). Den nya, och i vissa delar mycket oväntade, observationen är att varken vikt, muskelstyrkan i hö hand, benstyrkan bedömd från ett hopptest, maximala syreupptagningsförmågan eller 5 av de 7 bestämningarna av olika substanser i blod var nämnvärt förbättrade vid mätningarna efter 12 timmars vila med fullgod kost vid U 5 i förhållande till mätningen vid U 4. Eftersom värdena i stort oförändrade vid U 5 jämfört med U 4, var en del dessutom klart lägre vid U 5 jämfört med startvärdena vid U 1. Den mycket tydliga slutsatsen av dessa mätningar är att 12 timmar av vila med fullgod kost är alldeles för kort tid för en godtagbar återhämtning efter en lång övning med tung fysisk och psykisk belastning.

Intressant är att den subjektiva känslan av trötthet på den tyngre belastningen var signifikant sänkt vid U 5 jämfört med U 4 och heller inte statistiskt skiljt från motsvarande vid U 1. Det

innebär att soldaten möjligen känner sig återhämtad efter 12 timmars vila och mat, men samtliga fysiologiska och medicinska värden talar emot att det förelåg någon tillräcklig och fullständig återhämtning. Det är uppenbart att återhämtning inte kan bedömas subjektivt utan måste avgöras genom relevanta och reliabla psykologiska och fysiologiska mätningar. Studier för att värdera olika strategier för snabbare återhämtning planeras.

En intressant fråga är om den uteblivna återhämtningen har att göra med deltagarnas fysiska status, arbetets längd eller om det är ett generellt faktum att återhämtning efter långvariga arbeten generellt tar längre tid än förväntat. Bästa möjligheten att svara på den frågan är att jämföra återhämtningen med idrottare som genomfört en eller flera dagars tävlingar i multisport. Deltagarna i sådana sporter är troligen mer uthållighetstränade än soldaterna i F 17 övningen. Å andra sidan var belastningarna i denna övning, framför allt på sista etappen, mycket hög och liknar nivån vid multisporttävlingar.

Analyser från långvariga arbetet i multisport (24 respektive 6 dygn) visar att c:a 12 – 24 timmar efter tävlingen har många av värden som uppmätts i slutet av tävlingen inte återställts till motsvarande nivåer, som rådde före tävlingen. Det gäller bland annat noradrenalin, som dock inte mättes i F 17 övningen (14), försämrad verkningsgrad vid submaximalt arbete (8), IGF-1 (2), vissa aminosyror (4) och IL-6 (20).

Slutsatsen av denna jämförelse är att även hos de mer vältränade multisportarna finns samma långsamma återhämtning efter långvarigt arbete som hos deltagarna i F 17 övningen. Huruvida återhämtningen efter tyngre övningar kan förbättras med bättre kost eller andra insatser får utredas i kommande studier.

Relevans för Försvarmakten

Detta är den tredje fältövningen som forskningsgruppen på GIH har studerat under två år, men denna övning ”F 17 – Flygplansövning 2014” är i särklass den mest fysiskt krävande. Den gav stora fysiologiska konsekvenser och försämrad fysisk prestationsförmåga. Olika medicinska markörer visade också stora förändringar. Allt detta resulterade troligen i ett försämrat ”stridsvärde”, även om just den aspekten inte utvärderades i denna undersökning. Det är således uppenbart att olika typer av militära operationer och övningar kan få mycket olika konsekvenser. Försämringarna i denna övning var kanske större än förväntad.

Den omedelbara konsekvensen av dessa förändringar är att 12 timmar av vila och sömn samt sedvanlig kost inte restituerade den försämrade prestationsförmågan – stridsvärdet – nämnvärt under den tidsperioden. I stort var flertalet av fysiologiska värden och medicinska markörer oförändrade. Frågan är hur länge den försämrade allmänna prestationsförmågan varar? Det vore av stort värde att få veta hur stora individuella variationer det finns i återhämtning efter längre operationer, en frågeställning, som vi avser att studera i kommande undersökningar.

Referenser

1. Alemany JA, Nindl BC, Kellogg MD, Tharion WJ, Young AJ, Montain SJ. Effects of dietary protein content on IGF-1, testosterone, and body composition during 8 days of severe energy deficit and arduous physical activity. *Am J Physiol* 105:58 – 68, 2008.
2. Berg U, Enqvist J, Mattsson CM, Carlsson-Skwirut C, Sundberg CJ, Ekblom B, Bang P. Lack of sex differences in the IGF-IGFBP response to ultraendurance exercise. *Scand J Med Sci Sports* 18:706 – 714, 2008.
3. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970;2: 92-98.
4. Borgenvik M, Nordin M, Mattsson CM, Enqvist J, Blomstrand E, Ekblom B. Alterations in amino acid concentration in the plasma and muscle in human subjects during 24 h of simulated adventure racing. *Eur J Appl Physiol* 112:3679 – 3688, 2012.
5. Castellani JW, Delany JP, O'Brien C, Hoyt RW, Santee WR, Young AJ. Energy expenditure in men and women during 54 h of exercise and caloric deprivation. *Med Sci Sports Exerc* 38:894 – 900, 2006.
6. Ekblom-Bak E, Björkman F, Hellenius ML, Ekblom B. A new submaximal cycle ergometer test for prediction of $\text{VO}_{2\text{max}}$. *Scand J Med Sci Sports*. 24: 319 – 324, 2014.
7. Enqvist JK, Mattsson CM, Johansson PH, Brink-Elfegoun T, Bakkman L, Ekblom B. Energy turn-over during 24-hours and 6 days of Adventure Racing. *J Sports Sci* 28(9); 947-955, 2010.
8. Fernström M, Bakkman L, Tonkonogi M, Shabalina IG, Rozhdestvenskaya Z, Mattsson CM, Enqvist J, Ekblom B, Sahlin K. Reduced efficiency, but increased fat oxidation, in mitochondria from human skeletal muscle after 24-h ultraendurance exercise. *J Appl Physiol* 102:1844 – 1849, 2007.
9. Flockhart M, Mattsson CM, Ekblom B. Fysiologisk analys av utbildningsmomentet: Markstrid grundkurs (GK) 1. Fjällmarsch”. Rapport 3. Militärmedicinska forskningsgruppen, GIH. 2014.
10. Flockhart M, Mattsson M, Ekblom Bak E, Ekblom B. Rapport 4. Slutövning GMU: ”Aldrig ge upp”, AMF-1, Berga Örlogsbas. GIH rapport 4, April, 2014.
11. Goulet ED. Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutr Rev*. 70 Suppl 2:S132-6, 2012.
12. Goulet ED. Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure. *Br J Sports Med*. 47(11):679-86, 2013.
13. Hoyt RW, Opstad PK, Haugen AH, Delany JP, Cymenman A, Friedl KE. Negative energy balance in male and female rangers: effect of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am J Clin Nutr* 83:1068 – 1075, 2006.

14. Mattsson CM, Enqvist J, Brink-Elfegoun T, Johansson PH, Bakkman L, Ekblom B. Reversed drift in heart rate but increased oxygen uptake at fixed work rate during 24 h ultra-endurance exercise. *Scand J Med Sci Sports* 20:298 – 304, 2010.
15. Mattsson CM, Ståhlberg M, Larsen FJ, Braunschweig F, Ekblom B. Late cardiovascular drift observable during ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 43(7):1162-8, 2011.
16. Nindl BC. Insulin-like growth factor-1 as a candidate metabolic biomarker: military relevance and future directions for measurement. *J Diabetes Sci Technol* 3:371 – 376, 2009.
17. Nindl BC, Castellani JW, Young AJ, Patton JF, Khosravi MJ, Diamandi A, Montain SJ. Differential responses of IGF-1 molecular complexes to military operational field training. *J Appl Physiol* 95:1083 – 1089, 2003.
18. Nindl BC, Barnes BR, Alemany JA, Frykman PN, Shippee RL, Friedl KE. Physiological consequences of US Army Ranger training. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1380 – 1387, 2007.
19. Richmond VL, Horner FE, Wilkinson DM, Rayson MP, Wright A, Izard R. Energy balance and physical demands during an 8-week arduous military training course. *Mil Med.* 179(4):421-7, 2014.
20. Wallberg L, Mattsson CM, Enqvist JK, Ekblom B. Plasma IL-6 concentration during ultra-endurance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 111(6):1081-1088, 2011.
21. Welsh TT, Alemany JA, Mintain SJ, Frykman PN, Tuckow AP, Young AJ, Nindl BC. Effects of intensified military field training on jumping performance. In *J Sports Med* 29:45 – 52, 2008.