FOI
TOTALFÖRSVARETS
FORSKNINGSINSTITUT

FOI-R--0799--SE
Maj 2003
ISSN 1650-1942
Vetenskaplig rapport

Ulf Danielsson, Ulf Bergh, Stig Grambo

Kroppskyddets inverkan på prestation och fysisk belastning

NBC-skydd
901 82 Umeå

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT
NBC-skydd
901 82 Umeå

FOI-R--0799--SE
Maj 2003
ISSN 1650-1942
Vetenskaplig rapport

Ulf Danielsson, Ulf Bergh, Stig Grambo

Kroppskyddets inverkan på prestation och fysisk belastning

Utgivare	Rapportnummer, ISRN	Klassificering
Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI	FOI-R--0799--SE	Vetenskaplig rapport
NBC-skydd	**Forskningsområde**	
901 82 Umeå	8. Människan i totalförsvaret	
	Månad, år	**Projektnummer**
	Maj 2003	E46907
	Verksamhetsgren	
	2. NBC skyddsforskning	
	Delområde	
	81 MSI med fysiologi	

Författare/redaktör	Projektledare
Ulf Danielsson	Ulf Danielsson
Ulf Bergh	**Godkänd av**
Stig Grambo	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning
	FMV
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig
	Ulf Danielsson

Rapportens titel

Kroppskyddets inverkan på prestation och fysisk belastning

Sammanfattning (högst 200 ord)

Studien beskriver inverkan av 3 skyddsutrustningsalternativ på fysisk prestation och belastning. Sju aktiviteter genomfördes av tio försökspersoner. Utrustningarna var fältuniform med stridsutrustning (FU), vikt 19,0 kg; FU med Kroppsskydd 94 (FUK), vikt 23,6 kg; FUK förstärkt med keramplattor (FUKP), vikt 29,7 kg. Aktiviteterna var äntring i nät; skjutning i liggande ställning utan stöd på avstånden 100 m och 200 m dels i vila, dels efter 200 m löpning; handgranatkastning i liggande, knästående och stående position; rusch fram och tillbaka 8 gånger med knästående eldställning och vändning var 25:e m; ålning medelst slingring genom ett 8 m långt rör; räckvidd i olika kroppsställningar. De sammanslagna resultaten från samtliga aktiviteter visade att FU var bäst (påverkade resultaten minst), näst bäst var FUK som var bättre än FUKP. Delresultaten från de olika aktiviteterna visade dock inte alltid denna klara trend; varken i handgranatkastning eller skjutning fanns signifikanta skillnader. Däremot fanns signifikanta skillnader mellan samtliga utrustningar i räckvidd, nätäntring, och krypning. FUKP var sämre än både FU och FUK vid rusch 200 m med vändningar. Utrustningens effekt på upplevd fysisk ansträngning och rörelsebegränsning följde i stort samma trend som prestationerna, d.v.s. FUKP var mest, och FU minst belastande och hindrande. Resultaten visar således att det ökade skyddet försämrade prestationen och ökade belastningen på individen. Däremot kan konsekvenserna, i form av verkan och egna förluster, inte uppskattas utan ytterligare studier.

Nyckelord

Stridsförmåga, börda, vikt, fysisk kapacitet

Övriga bibliografiska uppgifter	**Språk** Svenska
ISSN 1650-1942	**Antal sidor:** 30 s.
Distribution enligt missiv	**Pris: Enligt prislista**

FOI1003 Utgåva 11 2002.02 www.signon.se Sign On AB

Issuing organization	Report number, ISRN	Report type
FOI – Swedish Defence Research Agency NBC Defence SE-901 82 Umeå	FOI-R--0799--SE	Scientific report
	Research area code 8. Human Systems	
	Month year May 2003	**Project no.** E46907
	Customers code 2. NBC Defence Research	
	Sub area code 81 Human Factors and Physiology	

Author/s (editor/s)	Project manager
Ulf Danielsson Ulf Bergh Stig Grambo	Ulf Danielsson
	Approved by
	Sponsoring agency FMV
	Scientifically and technically responsible Ulf Danielsson

Report title (In translation)

Body armour. Effects on performance and physical load

Abstract (not more than 200 words)

This study describes the impact of 3 levels of physical protection on performance and load while accomplishing seven activities. Ten subjects participated. The equipment used was field uniform with combat vest (FU), weighing 19.0 kg; FU with body armour m/94 (FUK), 23.6 kg; FUK with additional ceramic plates (FUKP), 29.7 kg. The activities were climbing up and down a net; rifle shooting (AK5) at the distances 100 m and 200 m, without support, in a reclining position, when rested and after a 200 m dash; throwing hand-granade from a reclining, kneeling and standing position; a 8x25m dash including kneeling fire position and turning every 25 m; belly-crawl through an 8 meter long tunnel; reach at various body positions. Altogether, FU was found best (lowest impact), better than FUK which was better than FUKP. However, the separate results did not always show this trend; There were no significant differences in hand-grande throwing nor rifle shooting. In reach and belly-crawling the various equipments gave significantly different results. Furthermore FU and FUK were better than FUKP in dashing. Perceived exertion and body motion restriction followed the same trend as the combined performance data, e.g. the load and movement restriction from FUKP was worst and FU was best. Altogether, the results show that the best body armour impaired the performance and raised the load on the individual more than the lighter body armour which in turn was worse than wearing no body protection. The consequence in terms of fire power and own casualities can, however, not be estimated without further studies.

Keywords

Combat performance, carried burden, weight, physical capacity

Further bibliographic information	Language Swedish
ISSN 1650-1942	**Pages** 30 p.
	Price acc. to pricelist

INNEHÅLL

Bakgrund 6

Metoder och teknik 8
- Försöksmoment 8
- Utrustning 12
- Statistisk analys 12

Resultat 13
- Cooper-test 13
- Spurtcykling 13
- Handgranatkastning 14
- Ålning 14
- Nätäntring 15
- Rusch 15
- Räckvidd 16
- Skjutning 17

Diskussion 21

Slutsats 25

Litteratur 26

APPENDIX 28

Omslagsbild och textbilder: Ulf Danielsson

BAKGRUND

Den personliga utrustningen tenderar till att bli alltmer omfattande både i volym och vikt. Utvecklingen är inte ny men tycks vara accelererande. En orsak är hot-verkan spiralen. Allt tyngre vapen med en ammunition som ges allt högre penetrerande förmåga kräver mer kvalificerade skydd vilket i praktiken oftast innebär högre vikt och större volym på skyddet (van de Linde och Lotens, 1988, Knapik et. al, 1997, Townsend, 1994). Effekten av hög fysisk belastning på ”militär” förmåga är svår att finna i t.ex. den vetenskapliga eller annan litteratur. Stressdata som härrör från ”vetenskapliga” samhället är svåra att översätta till militära stridssituationer medan huvuddelen av stressrelaterade data från stridssituationer är anekdotiska. De flesta data härrör från studier av långvariga och kontinuerliga fysiska belastningar. Dessa tyder på att reduktion i kognitiv förmåga, motorik och bärförmåga följer av sådan belastning (Warren och Dragsbaek, 1988). Dock finns mer specifika studier som kvantifierar bördans (kroppsskyddets) inverkan på den stridstekniska prestationen (van de Linde och Lotens, 1988).

Soldaten utsätts inte bara för traditionell vapenverkan i form av splitter och direktverkande eld utan måste också skydda sig mot andra hot; NBC, laser och på sikt även annan elektromagnetisk strålning. Andra faktorer som ökar utrustningens vikt är den modernisering som speciellt infanteristen genomgår, en utveckling som innebär att soldaten ges nya förmågor genom ny utrustning men utan att den befintliga bördan reduceras i vikt i samma utsträckning. Enligt US. Army Infantry School rekommenderas bördans vikt inte överstiga 33 kg (45% av kroppsvikten) vid uppmarsch medan i strid bör vikten inte överstiga 22 kg (30%). Det här är rekommendationer från tiden före senaste soldatmoderniseringen (av typen LandWarrior). Men inte ens då kunde man nå ner till dessa vikter (Knapik, 1989). Olika typer av beslutstöd har utvecklats för att hjälpa soldaten och befälen att bedöma behovet av utrustning. Syftet är att soldaten inte ska bära onödig utrustning, utrustning som bevisligen gör honom till ett lätt offer även innan striden påbörjats (Belenky et al. 1987).

I det korta perspektivet kommer moderniseringen att innebära mer och därmed tyngre utrustning inkluderande sensorer och annan teknik som har att göra med det digitaliserade slagfältets nya krav. Den framtida soldaten kommer att vara en av relativt få specialister med krav på kvalificerat uppträdande i många miljöer, såväl i "klassisk", småbruten terräng som i bebyggelse. De erfarenheter som gjorts internationellt med "future soldier" i strid eller stridsliknande situationer är att den burna vikten innebär ett stort problem. Problemet yttrar sig i dålig rörlighet (ISSC, 1999 och ISSC, 2001) och därmed faktisk eller upplevd (Bowden, 2001) ökad exponering för fientlig bekämpning. Andra problem är ökad skaderisk (belastning) samt försämrad fysisk uthållighet (ISSC, 1999 och ISSC, 2001).

Det ballistiska kroppsskyddet utgör en allt större del av den burna massan. Hoten kommer från olika typer av verkansdelar där splitter fortfarande står för 60 till 70% av förlusterna vid militära stridssituationer. Lågenergiprojektiler är huvudsakligen ett hot vid polisiär verksamhet medan högenergiprojektiler svara för ca 20% av förlusterna i strider mellan militära förband (Gotts, 2001). Andra hot där kroppsskyddet kan ha en preventiv verkan är explosioner, eld eller het luft. Stick och skärskador är också vanliga vid polisiära aktioner, tillfällen där kroppsskyddet kan ha en god skyddande förmåga. Den viktigaste orsaken till att kroppsskyddet anses allt viktigare är att personskador och förluster i liv accepteras i allt mindre omfattning i militära sammanhang, framförallt gäller detta vid fredsbevarande och fredsframtvingande internationella operationer. Följden blir en uttrycklig önskan, ibland till och med ett absolut krav för deltagande, att det skydd som tillhandahålls ska vara det bästa som kan erhållas. Detta styr utvecklingen mot allt motståndskraftigare och mer täckande

skydd. Följaktligen är tendensen den att det ursprungliga, mjuka skyddet, gjort av aramid eller liknande material, i alltfler situationer förstärks med hårda plattor av t.ex. keramer. Därmed ökar vikten från cirka 3 kg till 10 kg eller mer. En sådan viktökning upplevs emellertid som besvärande, både ur komfortsynvinkel och prestationshänseende.

Syftet med studien var att få en uppfattning om hur soldatens funktion och prestation samt fysiska belastning påverkas i skilda stridsmiljöer för olika nivåer av personligt skydd mot splitter och kulor. En väsentlig fråga för fortsatta studier är hur kopplingen ser ut mellan prestationsnedsättning och risken att träffas och skadas.

METODER OCH TEKNIK

Försöksdeltagarna (värnpliktiga) deltog frivilligt i försöken som godkänts vid prövning i Karolinska Institutets forskningsetikkommitté. Antal försökspersoner (fp) var tio. Längden varierade från 1,95 m till 1,64 m, medellängd 1,80 m. Kroppsmassan varierade från 61 kg till 83 kg, medelvikt 76 kg.

Försöken genomfördes på Markstridsskolan i Kvarn under slutet av november 2002. Huvudförsöken genomfördes under tre på varandra följande dagar och tiden var från kl. 08, till mellan kl.15 och 16 på eftermiddag. Dagen före huvudförsöken genomfördes också ett konditionsprov, Coopertest, på en 2000 m lång motionsslinga inom skolans område. Löpningen genomfördes i sportkläder och hjärtfrekvensen mättes under hela loppet med hjälp av Polar pulsklocka.

Varje försöksdag följde samma protokoll med uppställning kl. 8. Därefter genomfördes aktiviteterna:

a) äntring uppför och nedför nät (nät). När nätets överkant nåtts och fp klappat på knäna med båda händerna, hängande i midjan över nätets bärlina, äntrade fp på samma sida nätet ned till marken. Äntringen skedde kontrollerat med fotisättning i varje maskrad. Av säkerhetsskäl bars inget vapen under denna övning. Mätvariabler var tid upp och tid ned. Omedelbart efter avslutad äntring avlästes hjärtfrekvensen samtidigt som fp fick skatta upplevd ansträngning och rörelseförmåga (APPENDIX).

b) skjutning på automatskjutbana med AK5 (skjutning). Skjutningen skedde liggande utan stöd. Vid varje skjuttillfälle avlossades fem skott. Första skjuttillfället skedde i vila då fp inte var påverkad av förhöjd fysisk ansträngning. Därefter samlades gruppen fp utanför skjutvallen och laddade vapnen på nytt. Fyra minuter efter föregående skjuttillfälle

sprang fp 200 meter i ett relativt högt tempo, 100 m på 30 sekunder (12 km/h). Tillbaka till skjutvallen kastade sig fp genast ned i skjutställning, och efter snabbt kommando avlossade fp ånyo fem skott. Fyra minuter senare upprepade fp samma procedur (språng 200 m och efterföljande skjutning). Omedelbart efter varje skjutomgång registrerades hjärtfrekvensen och fp fick skatta upplevd ansträngning, temperatur och rörelsehinder. Skjutningen genomfördes i grupper med 3, 3 respektive 4 fp. Efter att de tio fp genomfört samtliga tre skjutmoment (vila, språngmarsch 1 och språngmarsch 2) på skjutavståndet 100 meter flyttades momentet till en skjutvall på 200 meters avstånd från måltavlorna. Där upprepades samma procedurer, i samma ordning, som vid 100 meter. Skjutresultaten registrerades automatiskt och presenterades på skjutmonitorer i form av läge på de fem skotten samt maximal spridning.

c) handgranatkastning med frånlagt vapen i stående, knästående och liggande ställning (handgranatkastning). Handgranaten bestod av blind ägghandgranat med vikten 0,8 kg. Alla fp kastade färdigt momentet stående innan omgången med knästående respektive liggande började. Hela proceduren upprepades en gång, d.v.s. varje fp kastade två handgranater för varje ställning. Försökspersonerna uppmanades att kasta längs en på marken uppspänd lina. Kastlängden registrerades liksom avståndet i sidled (vänster eller höger) från linan.

d) upprepade ruscher fram och tillbaka (SiB). Efter att försökspersonerna stått i knästående skjutställning, med ryggen mot löpriktningen, vände fp och sprang 25 meter så snabbt som möjligt fram till en kon. Där stannade fp och markerade ånyo knästående skjutställning innan han reste på sig och sprang tillbaka till startpunkten där han på nytt antog knästående skjutställning. Proceduren upprepades 4 gånger vilket innebar att fp sprang 200 meter i maximalt tempo. Vid målgången registrerades hjärtfrekvens och fp fick skatta upplevd ansträngning, temperatur och rörelsehinder. Dessutom registrerades tiden för varje delsträcka.

e) ålning medelst slingring genom en tunnel (rör). Tunneln var åtta meter lång och ålningen skulle ske så snabbt som möjligt. Fp startade knästående en meter framför tunnelmynningen och kröp därefter genom tunneln tills dess att hela kroppen lämnat tunneln. Vid målgång registrerades hjärtfrekvensen, tiden för ålningen och fp:s upplevelse av ansträngning, temperatur och rörelsehinder.

f) räckviddsmätning (räckvidd) med frånlagt vapen. Rörligheten i olika leder mättes i skilda positioner.

1) Fp fick stående på golvet sträcka sig maximalt längs en vägg Avståndet mellan golv och en linje som sammanband långfingrarna mättes.

2) Fp fick sittande på golvet krypa ihop så mycket som möjligt. Avståndet mellan långfingerspetsarna och skornas bakkappa mättes.

3) Fp fick stående korsa armarna över bröstet. Avståndet mellan långfingerspetsarna mättes.

4) Fp fick stående lyfta ett ben så högt som möjligt. Avståndet mellan golvet och fotsulan mättes.

5) Fp fick liggande, med raka armar, lyfta händerna så högt som möjligt. Avståndet mellan golv och fingrar mättes.

I samband med varje dags räckviddsmätningar vägdes fp med den utrustning han burit under dagen.

Efter första dagen genomfördes också ett maximal-cykelergometerprov. Det genomfördes i sportkläder och pedalerna hade clips. Fp uppmanades att cykla med högsta möjliga hastighet under 25 varv. Bromskraften (N) var ca 10% av kroppsmassan, d.v.s. om den var 70 kg så var bromskraften ca 70 N.

Utrustning

Försökspersonerna bar olika utrustningar under de olika dagarna. Det innebar att första dagen bar fp1, fp2 och fp3 stridsutrustning utan kroppsskydd (FU). Fp4, fp 5 och fp 6 bar den dagen stridsutrustning med Kroppsskydd 94 (FUK) medan fp7, fp8, fp9 och fp10 bar stridsutrustning samt Kroppsskydd 94 med förstärkningsplattor (FUKP). Under andra försöksdagen bar första gruppen ”FUKP”, andra gruppen bar ”FU” medan tredje gruppen bar ”FUK”. Under tredje dagen bar första gruppen ”FUK”, andra gruppen ”FUKP” och tredje gruppen ”FU”. (Kroppsskydd 94 visas i APPENDIX)

Stridsutrustningen innehöll följande artiklar:
Fältuniform, fältskjorta 90, marschkänga 90, stridshandske 2000, långkalsong 91, strumpor, hjälm 90, hjälmunderlag 90, stridsväst 2000 / K, fylld dricksflaska, hörselkåpa, Ak 5 med tillbehör (tre magasin, tillbehörssats).

Vikten på de olika utrustningsalternativen visas i tabell 1. Spridningen i utrustningsvikt var mellan 0,8 och 1,0 kg beroende på uniformsstorlek, viss variation i mängd kvarvarande ammunition, mängd vatten kvar i vattenflaskan m.m. För genomsnittsförsökspersonen motsvarade vikten av FU 25% av nakenvikten medan FUK och FUKP utgjorde 31% respektive 39%. För den lättaste fp, vikt 61 kg, utgjorde FUKP alltså nästan 50% medan för den tyngste (83 kg) var motsvarande värde 36%.

Tabell 1. Vikt (medelvärde och spridning) på de olika utrustningsalternativen, inom parantes viktens procentuella andel av fp:s medelnakenvikt.

	FU	FUK	FUKP
Vikt (kg)	19, 0±0,9 (25%)	23,6±0,8 (31%)	29,7±1,0 (39%)

Statistisk analys

Variansanalys har använts för att värdera uppmätta data. Om denna analys indikerat signifikanta skillnader, har vidare test utförts för att utröna mellan vilka utrustningsalternativ skillnad förelåg. Därvid har den ursprungliga signifikansnivån p= 0,05. enligt $p_1 = 1-(1-p)^n$, korrigerats för att undvika effekten av ökat antal prövningar. Vid jämförelse mellan de tre utrustningsalternativen blir n = 3 och $p_1 = 0,017$.

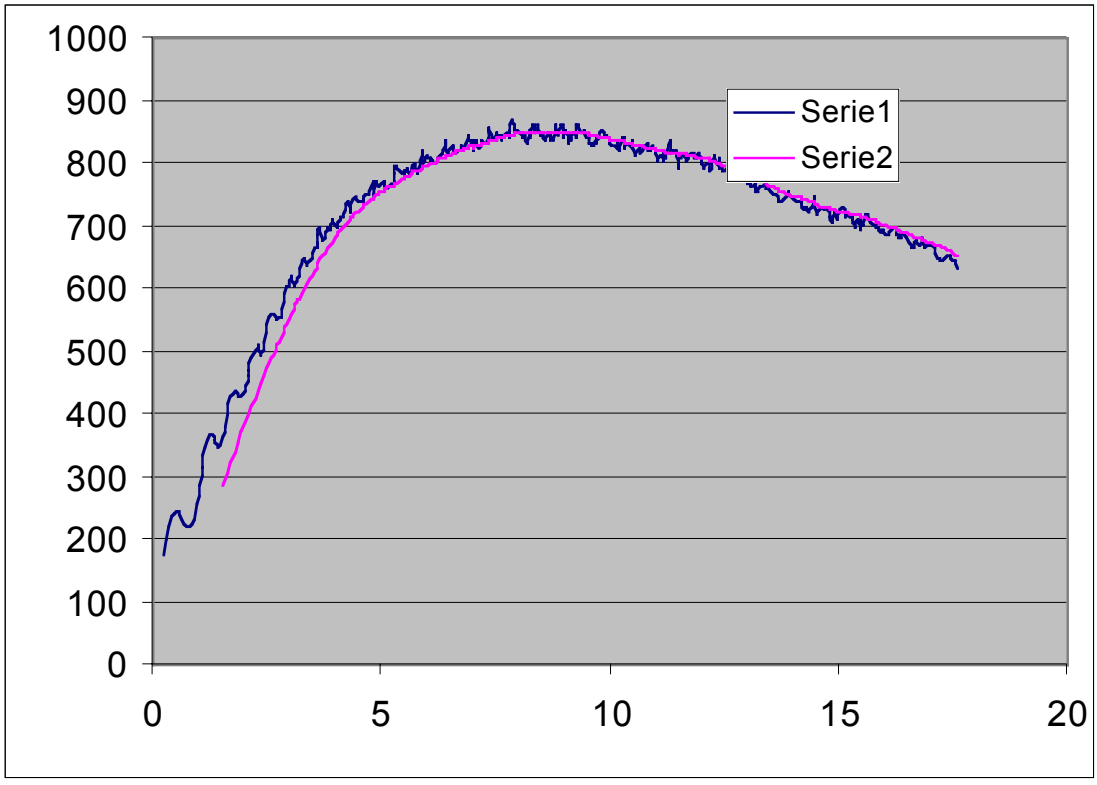
För kontinuerliga data, såsom tid och sträcka, har en variansanalysmodell för s k ”incomplete block design” använts eventuellt följt av parade t-test. För diskreta data, t.ex. skattning av ansträngning, har först Friedmans test nyttjats och om detta visat signifikant skillnad har Wilcoxons Signed Rank test gjorts.

RESULTAT

Tabell 1 visar resultaten från löpning 2000 meter (Cooper-testet). VO_2-max-värdet (syrgasupptaget i l/min) är beräknat från löptiden med hjälp av nomogram (konditionssnurran, Rantzows Sport AB). Resultaten från styrketestet (spurtcykling) visas också i tabell 2 där ”spurt-max” är den maximala mekaniska uteffekten (W) som försökspersonen kunde prestera under något av de 25 trampvarven. ”Spurt-medel” är den medeluteffekt (W) som försökspersonen kunde utveckla under de 25 trampvarven. Figur 1 visar kurvan för utvecklad effekt som fp1 presterade under cirka 17,5 sekunder (25 varv)

Tabell 2. Försökspersonernas individuella konditions- och styrkevärden mätt vid löpning 2000 meter och under maxiamal ergometercykling.

	fp1	fp2	fp3	fp4	fp5	fp6	fp7	fp8	fp9	fp10
Löptid min.s	9.38	9.01	9.02	9.03	7.46	8.44	8.21	10.19	8.09	8.32
VO2 max	3,3	3,6	3,8	4,0	4,8	3,1	3,9	3,0	4,5	4,3
Spurt max	850	691	790	708	969	734	655	710	823	772
Spurt medel	709	607	660	577	818	608	578	618	653	703



Figur 1. Effekt (W), y-axeln, utvecklad av fp1 under maximal spurtcykling. X-axeln visar tramptiden i sekunder. Serie 1(ojämare kurva) visar den momentana effektutvecklingen medan Serie 2 (jämnare kurva) visar medeleffekten för varje trampvarv

Tabell 3. Kastlängd (m) och avvikelse i sida från "kastriktningen" (m), medelvärde och spridning, där + är höger och – är vänster om utlagd kastriktning.

	FU	FUK	FUKP
Stående, längd mv±s.d. (m)	23,26±5,97	22,21±5,66	20,94±4,26
Stående, sida mv±s.d. (m)	0,47±3,14	-1,64±2,31	-0,75±2,43
Knästående, längd mv±s.d. (m)	16,51±5,35	16,22±4,28	16,15±3,21
Knästående, sida mv±s.d. (m)	-0,46±1,97	0,1±1,80	-0,14±3,40
Liggande, längd, mv±s.d. (m)	8,36±2,18	8,47±2,62	8,16±1,82
Liggande, sida, mv±s.d. (m)	-0,16±1,47	0,14±0,94	0,28±1,06

Tabell 4. Upplevd rörelsebegränsning (RPI) vid handgranatkastning i stående, knästående och liggande position.

	FU	FUK	FUKP
Stående	1	2	2
Knästående	1,5	2	2,5
Liggande	2	3	3

Tabell 5. Tid för ålning genom rör, hjärtfrekvens (HR) samt upplevd rörelsebegränsning (RPI) och ansträngning (RPE) efter avslutad krypning

	FU	FUK	FUKP
Tid mv±s.d. (s)	12,2±1,9	13,6±1,8	14,6±1,5
HR mv±s.d. (slag/min)	148±14	153±15	146±19
RPI	1	2	2
RPE	10,5	12	11,5

Tabell 3 visar resultaten, längd (m), medelvärde och spridning, från handgranatkastningen för positionen stående, knästående respektive liggande. De olika utrustningsalternativen FU, FUK och FUKP medförde ingen signifikant skillnad i vare sig kastlängd eller precision (avvikelse i sidled).

Tabell 4 visar hur begränsande utrustningen (FU, FUK och FUKP) upplevdes med avseende på rörelseförmåga då handgranatkastning skedde i stående, knästående och liggande position. Utrustningarna medförde signifikanta skillnader i upplevd rörelsehinder för samtliga kastpositioner.

Den tid det tog att åla genom det 8 meter långa röret (ålning medelst slingring) då de olika utrustningarna bars visas i tabell 5. Skillnaderna mellan de olika utrustningarna (FU-FUK, FU-FUKP, FUK-FUKP) var statistiskt signifikanta. Tabellen visar också de hjärtfrekvenser (HR) som uppmättes efter genomförd krypning. Avvikelserna i HR mellan de olika utrustningarna var dock inte signifikanta. Tabellen visar också upplevd rörelsebegränsning och ansträngning vid genomförd krypning. Utrustningsalternativen orsakade signifikanta skillnader i såväl RPI som RPE. FU ansågs mindre belastande och mindre rörelsebegränsande än FUKP. FU var också mindre hindrande än FUK.

Tabell 6. Tid för äntring uppför och nedför nät, hjärtfrekvens (HR) samt upplevd rörelsebegränsning (RPI) och ansträngning (RPE) efter avslutad äntring

	FU	FUK	FUKP
Tid mv±s.d. (s)	20,2±8,4	22,4±9,0	24,5±8,8
HR mv±s.d. (slag/min))	149±20	159±6	158±9
RPI	1	2	3
RPE	11	11	13

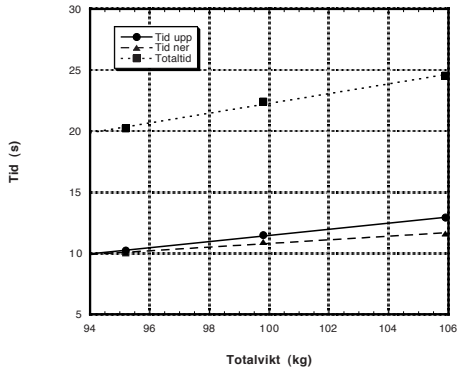
Tabell 7. Tid för snabb rusch, hjärtfrekvens (HR) samt upplevd rörelsebegränsning (RPI)och ansträngning (RPE) efter avslutad rusch.

	FU	FUK	FUKP
Tid mv±s.d. (s)	63,6±4,4	65,6±3,7	68,7±3,2
HR mv±s.d. (slag/min)	178±7	181±16	178±7
RPI	2	2,5	3,5
RPE	16	17	17

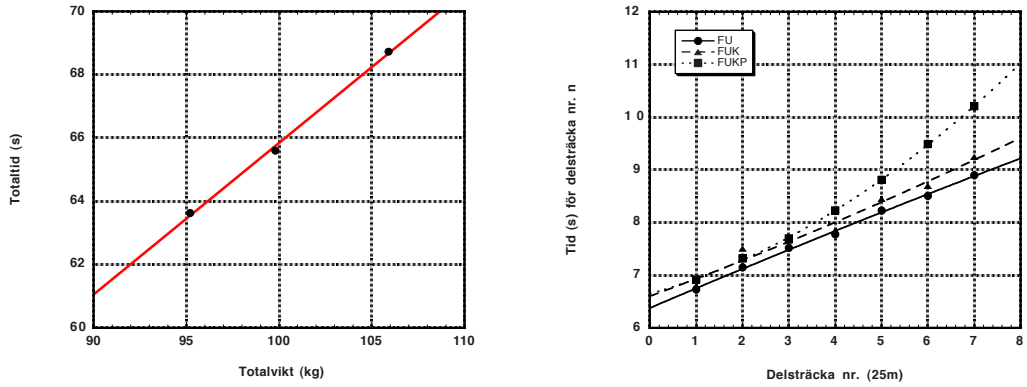
Tabell 6 visar att tiden det tog att äntra uppför och sedan nedför nätet var längst då FUKP bars, något kortare för FUK och kortast för FU. Tidsskillnaderna mellan FU-, FUK och FUKP-alternativen var signifikanta. Skillnaderna i hjärtfrekvens var dock inte säkerställda för någon kombination av utrustningar. Däremot erhölls signifikanta skillnader i såväl RPI som RPE. FU ansågs mindre belastande och mindre rörelsebegränsande än FUKP. FU var också mindre hindrande än FUK.

Tabell 7 visar att tiden att genomföra åtta snabba förflyttningar var kortast med utrustningsalternativet FU, något längre för FUK och längst för FUKP. Skillnaderna i totaltid var signifikanta mellan utrustningsalternativen. Hjärtfrekvensen efter genomförd rusch var jämförbar i de tre alternativen och någon signifikant skillnad kunde inte heller upptäckas. Upplevd ansträngning efter rusch skattades "mycket ansträngande" och skillnaden mellan FU och FUKP var signifikant. Detsamma gällde RPI där FU ansågs vara "något hindrande", medan FUKP betraktades vara mellan "hindrande" och "mycket hindrande.

Figur 2 visar att tiden för äntring i nätet ökar approximativt linjärt med totala massan. Tiden för äntring uppför nätet är något längre än tiden för äntring nedför, en skillnad som ökar med totala massan.



Figur 2. Tid (s) för äntring uppför, nedför nätet och totaltid för olika totalvikter (kg) där FU är lättast, FUK näst lättast och FUKP tyngst.



Figur 3. Totaltid för snabb förflyttning åtta delsträckor för olika totalvikter (FU lättast, FUK tyngre, FUKP tyngst) (vänstra bilden). Tid för respektive delsträcka för FU, FUK respektive FUKP (högra bilden).

Figur 3 (vänster) visar att totaltiden växer approximativt linjärt med totala massan inom viktintervallet enligt t = 18 + 0,48 • m där t (s) är totaltiden och m är totala massan (kg). Figur 3 (höger) visar att tiden för varje delsträcka ökar kvadratiskt med antalet delsträckor enligt uttrycket t = 6,4 + 0,38•n –0,0026•n^2 för FU, t = 6,6 + 0,33•n + 0,0062•n^2 för FUK samt t = 6,7 + 0,24•n + 0,038•n^2 för FUKP.

Skillnaden i räckvidd mellan utrustningsalternativen var liten i avseende fothöjd (tabell 8). I stående position var räckvidden för FU något längre än för FUK och FUKP som gav ungefär lika värden. I avseende armkors och sittande var skillnaderna relativt stora i FU:s favör med FUK och FUKP på andra respektive tredje plats. I positionen liggande var FU bäst och FUK och FUKP fick ungefär samma värde. Ett sammantaget mått för alla räckviddsmätningar visade på signifikanta skillnader mellan de olika utrustningsalternativen.

Tabell 8. Räckvidd, medelvärde och spridning (cm), för stående, fothöjd, armkors, sittande och liggande

	FU	FUK	FUKP
Stående, mv±s.d.	230,6±12,1	226,9±12,0	226,1±9,5
Fothöjd, mv±s.d.	62,7±6,1	61,1±6,7	61±8,6
Armkors, mv±s.d.	88,5±8,2	79,3±9,6	70,5±10,0
Sittande, mv±s.d.	17,8±12,3	12,1±10,1	2,4±17,0
Liggande, mv±s.d.	28,1±12,6	17,8±7,6	16,8±8,3

Tabell 9. RPI (medianvärde), för stående, fothöjd, armkors, sittande och liggande

	FU	FUK	FUKP
Stående	1	2	2,5
Fothöjd	1	2	1
Armkors	1,5	3	4
Sittande	2	3	4
Liggande	1	3	4

Tabell 10. Skjutresultat, värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE vid vila och skjutavstånd 100 meter.

	FU	FUK	FUKP
Värde	7,6	7,5	7,3
Spridning (cm)	29,1±11,5	21,9±7,8	25,7±11,9
HR (slag/min)	99±11	105±9	116±11
RPI	1	2	2
RPE	9	9	9

Tabell 11. Skjutresultat värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE omedelbart efter 1:a ruschen vid skjutavståndet 100 meter.

	FU	FUK	FUKP
Värde	6,9	7,4	6,7
Spridning (cm)	32,7±14,4	32±20,9	35,4±14,1
HR (slag/min)	156±10	157±7	162±6
RPI	1,0	2,0	3,0
RPE	12,5	13,0	14,5

Tabell 12. Skjutresultat värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE omedelbart efter 2:a ruschen vid skjutavståndet 100 meter.

	FU	FUK	FUKP
Värde	6,6	7	6,8
Spridning (cm)	41,1±21,2	29,3±12,2	35,1±13,5
HR (slag/min)	162±7	164±6	168±7
RPI	1,5	2,0	3,0
RPE	13,0	14,0	15,0

Tabell 9 visar RPI-data från räckviddsmätningarna. I samtliga positioner fick FU det lägsta RPI-värdet och var i det närmaste "inte alls hindrande" utom vid sittande då "något hindrande" erhölls. FUKP fick i "fothöjd" lägre värde än FUK. I övriga positioner; armkors, sittande och liggande, ansågs FUKP vara "mycket hindrande" medan FUK fick RPI-värdet "hindrande". För stående och fothöjd fick FUK och FUKP värden motsvarande mellan "inte hindrande" och något mer än "något hindrande". Ett samlat RPI-mått för alla positioner gav signifikanta skillnader mellan samtliga utrustningsalternativ.

Tabellerna 10 till 15 visar att skillnaderna mellan utrustningsalternativen i avseende värde samt spridning mellan ytterskotten var små. Skillnaderna var inte signifikanta. Sammantaget för de olika skjutsituationerna erhölls för hjärtfrekvensen signifikanta skillnader mellan FU och FUKP samt mellan FUK och FUKP. Motsvarande samlat mått för RPE gav signifikanta skillnader mellan FU och FUKP medan för RPI erhölls säkerställda skillnader mellan FU och FUK samt mellan FU och FUKP.

Tabell 13. Skjutresultat värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE vid vila och vid skjutavstånd 200 meter.

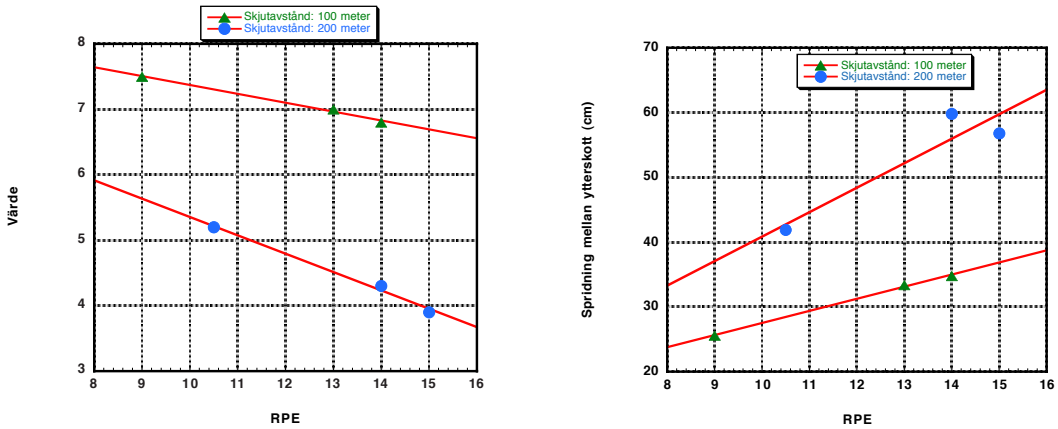
	FU	FUK	FUKP
Värde	4,9	5,4	5,3
Spridning (cm)	48,0±16,4	41,8±22,3	38,4±8,5
HR (slag/min)	106±12	105±9	116±14
RPI	1	2	2
RPE	10,5	10	11

Tabell 14. Skjutresultat värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE omedelbart efter 1:a ruschen vid skjutavstånd 200 meter.

	FU	FUK	FUKP
Värde	4,5	3,8	4,5
Spridning (cm)	60,9±24,9	55,8±20,5	57,6±28
HR (slag/min)	157±9	158±8	161±8
RPI	1,5	2	3
RPE	13	13,5	14

Tabell 15. Skjutresultat värde och spridning, hjärtfrekvens, RPI och RPE omedelbart efter 2:a ruschen vid skjutavstånd 200 meter.

	FU	FUK	FUKP
Värde	3,8	3,9	4,0
Spridning (cm)	58,9±18,4	53,6±24,4	54,4±26,0
HR (slag/min)	165±7	166±6	169±6
RPI	1,5	2,0	3,0
RPE	14,5	14,5	15,5



Figur 4. Skjutresultat (värde) för olika RPE vid skjutavstånden 100 meter (övre kurvan) och 200 meter (vänstra bilden). Högra bilden visar medelvärdet för maximala spridningen per skottserie (5 skott) för olika RPE vid skjutavstånden 100 meter (övre kurvan) och 200 meter (vänstra bilden). Det lägsta RPE-värdet hör till skjutning under vila, det högre värdet till efter första ruschen och det högsta RPE-värdet till efter andra ruschen.

Figur 4 (vänster) visar skjutresultatet (värde) beräknat som medelvärde för alla fp och avlossade skott relaterat till uppgivet RPE-värde (median). Figuren visar att skjutresultaten försämrades med ökande ansträngning och försämringen blev större ju längre skjutavståndet var. Vid 100m skjutavstånd blev medelträffen ca 3 cm längre från tavlans mitt då ansträngningen ökade från vila (RPE=9) till RPE=12 (efter rusch 1) medan på 200 meter skjutavstånd så ökade avvikelsen cirka 6 cm från tavlans mitt. Figur 4 (höger) visar att spridningen i skjutserien (5 skott) ökade med ökande känsla av ansträngning (RPE). På skjutavståndet 100 meter ökade spridningen mellan ytterskotten från cirka 25 cm vid vila till ca 33 cm efter första ruschen. Figuren visar också att försämringen ökade mer ju längre skjutavståndet var. Vid vila ökade spridningen från ca 25 cm (100 meter) till cirka 42 cm på skjutavståndet 200 meter.

Signifikanstest avseende RPE och RPI visas i tabell 16. Skjutningen representeras av endast ett medianvärde. För att kompensera för upprepade tester, FU-FUK, FU-FUKP och FUK-FUKP användes 0,017 som kritiskt värde (i stället för 0,05). Tabellen visar att de olika utrustningsalternativen erhöll signifikant skilda (sammanslagna) RPI-värden. I avseende på (sammanslagna) RPE-värden så var skillnaderna signifikanta med undantag för mellan FU och FUK. Signifikanstest avseende belastningsmåttet hjärtfrekvens visade på signifikanta skillnader mellan FU och FUKP samt mellan FUK och FUKP.

Tabell 16. Signifikanstest (n.s.= icke signifikant) vid jämförelse mellan olika utrustningsalternativ avseende RPE och RPI (Wilcoxon Signed Rank Test) där kritiskt värde är 0,017.

	FUK/RPE	FUKP/RPE	FUK/RPI	FUKP/RPI
FU	0,021 (n.s.)	0,005	0,004	0,004
FUK		0,013		0,014

Figur 17 visar signifikanttestet avseende belastningsmåttet hjärtfrekvens. Tabellen visar att skillnaden i hjärtfrekvens mellan FU och FUK inte var signifikant medan den var så vid jämförelsen FU-FUK och FUK-FUKP.

Tabell 17. Signifikanstest (n.s.= icke signifikant) vid jämförelse mellan olika utrustningsalternativ avseende HR där kritiskt värde är 0,05.

	FUK	FUKP
FU	0,16 (n.s.)	0,02
FUK		0,01

Signifikanstest avseende sammanslagna prestationsmått som skjutresultat, tid för ålning medelst slingring, tid för nätäntring, tid för upprepade ruscher samt handgranatkastlängder har gjorts för olika utrustningsalternativ (tabell 18). Tabellen visar att signifikanta skillnader erhölls mellan FU och FUKP samt mellan FUK och FUKP. De sammanvägda resultat av löpning (Cooper) och spurtcykling visade inte på något signifikant samband med resultaten i nätäntring (nät), ålning (rör) eller löpning (SiB).

Tabell 18. Signifikanstest (n.s.= icke signifikant) vid jämförelse mellan olika utrustningsalternativ avseende sammanslagen prestation (Wilcoxon Signed Rank Test) där kritiskt värde är 0,017.

	FUK	FUKP
FU	0,38 (n.s.)	0,008
FUK		0,016

*Tabell 19. Sammanfattning av den statistiska analysen. Kursivt "n.s." anger att variansanalysen inte visade på någon signifikant skillnad, X att variabeln inte mättes under aktiviteten ifråga; Rakt "n.s." (*n.s.*) betyder att variansanalysen gav signifikant resultat men att den vidare analysen inte gjorde det. "Sign." betecknar att det var signifikant skillnad mellan de aktuella utrustningarna.*

		Prestation	Prestation	HR	HR	RPE	RPE	RPI	RPI
Aktivitet	Utrustning	FUK	FUKP	FUK	FUKP	FUK	FUKP	FUK	FUKP
Äntring (nät)	FU	sign.	sign.	*n.s.*	*n.s*	n.s.	sign.	sign.	sign.
	FUK		sign.		*n.s.*		n.s.		n.s.
Skjutning	FU	*n.s.*	*n.s.*	n.s.	sign.	n.s.	sign.	sign.	sign.
	FUK		*n.s.*		sign.		n.s.		n.s.
Handgranat kastning	FU	*n.s.*	*n.s.*	X	X	X	X	sign.	sign.
	FUK		*n.s.*	X	X	X	X		sign.
Rusch (SiB)	FU	sign.	sign.	n.s.	n.s.	n.s.	sign.	n.s.	sign.
	FUK		sign.		n.s.		n.s.		n.s.
Ålning (Rör)	FU	sign.	sign.	n.s.	n.s.	n.s.	sign.	sign.	sign.
	FUK		sign.		n.s.		n.s.		n.s.
Räckvidd	FU	sign.	sign.	X	X	X	X	sign.	sign.
	FUK		sign.		X		X		sign.
Alla aktiviteter	FU	n.s.	sign.	n.s.	sign.	n.s.	sign.	sign.	sign.
	FUK		sign.		sign.		sign.		sign.

Tabell 19 visar en sammanställning av resultaten från de statistiska analyserna för de olika aktiviteterna och utrustningsalternativen.

Försökspersonerna blev efter att försöken slutförts tillfrågade om sin attityd till att bära skydd med förstärkningsplattor och också om kroppsskyddet interfererade med övrig utrustning. Bara en fp var tveksam till att bära förstärkningsplattor i händelse av skarp stridssituation. Men flera anmärkte på tyngden och tyckte att skyddet med plattor var tungt och att det under längre förflyttningar skulle kunna bli alltför belastande. Däremot trodde flera att skyddet nog skulle accepteras vid strid i bebyggelse även om man skulle bli mindre rörlig. Några tyckte också att underlivsskydden var hindrande och var bristfälligt hopkopplade till kroppsskyddet. De skyddande lagren visade sig också vara dåligt fastsatta inuti underlivsskydden på så sätt att skyddslagren lossade och föll ihop till en rulle inuti "skyddsfodralen". Bara någon enstaka fp tyckte att kroppsskyddet påverkade annan buren utrustning och då främst genom att skyddets glatta yta påverkade stridsvästens funktion.

DISKUSSION

Försökspersonerna hade vid försökstillfället genomfört ungefär hälften av sin grundutbildning, d.v.s. cirka 4 månader. De var mycket välmotiverade under hela försöket och resultatinriktade vilket bör ha inneburit att den individuella insatsen var lika god från dag till dag. Försöksdagen började kl. 8 och slutade mellan kl. 15 och 16. Även om vissa försöksmoment var fysiskt krävande medgav dessa genom sin korta varaktighet återhämtning till nästa försöksdag. Försökspersonerna hade under utbildningen genomfört skjutmoment som innebar snabba moment med mellanliggande förflyttningar. De var också vana vid olika skjutmål och att kunna växla mellan dessa. Övriga försöksaktiviteter var nya för soldaterna även om ålning medelst slingring, handgranatkastning, Cooper-test var genomförda men kanske i annan miljö eller utförande.

Ett vanligt fenomen vid studier liknande denna är att resultaten är belastade av inlärningseffekter. De statistiska analyser som genomfördes visade dock på att ingen dag-till-dag-förbättring kunde identifieras, endast effekter av individ och utrustning identifierades.

Klimatet var ur temperatursynvinkel gynnsamt för soldaterna eftersom temperaturen låg strax över fryspunkten. Detta kombinerat med relativt korta arbetsmoment gjorde att värmebelastning med tillhörande svettning var försumbar. Under vissa moment förekom lätt nederbörd men i en omfattning som inte bör ha påverkat resultaten. Nederbörden i kombination med vind och väntan gjorde att kylan bitvis gjorde sig påmind. Men genom att anpassa kläderna så kunde försökspersonerna genomgående skatta temperaturbelastningen som ”varken varmt eller kallt”. Under slutet av andra skjutmomentet dag två föll dimma över skjutbanan. Det medförde försämrad kontrast men borde inte, enligt skjutledaren, ha påverkat skjutresultaten. Några försökspersoner som var glasögonbärare fick problem med imma på synglasen. Detta kan ha försämrat resultatet för någon eller några vid enstaka skjuttillfällen. Betydelsen av detta för tolkningen av skjutresultaten går inte värdera. Men som nämnts ovan så upptäcktes inga signifikanta skillnader mellan försöksdagar, bara mellan individer och utrustningar. Det innebär att t.ex. begränsad sikt någon dag inte påverkade resultaten.

Försökspersonerna var väl förtrogna med den burna stridsutrustningens vikt och volym undantaget kroppsskyddets. Under försöket användes Kroppsskydd 94 (KS 94) vilket skiljer sig från det som soldaterna vanligtvis är utrustade med, Kroppsskydd 90 (KS 90), både i utförande och bärsätt. Skillnaden till det yttre är underlivsskyddets utformning som i KS 90 är fast förbundet med (del av) skyddet över bålen. Dessutom bärs KS 90 under vapenrocken till skillnad för KS 94 som bärs utanpå. Den nyare modellens underlivsskydd är dessutom avtagbart och består av ett främre och ett bakre skydd som går längre ned över låren. Dessa delar är förbundna med överkroppsdelen genom kardborreband trädda genom metallbyglar. Detta gör att de lätt viker undan för t.ex. stora benrörelser som vid språngmarsch, knäsittande m.m.

Stridsutrustningens massa, utan kroppsskydd, var 19 kg vilket gör att KS 94 utan plattor väger cirka 4,6 kg, (totalvikt på 23,6 kg) medan om förstärkningsplattor inkluderas (10,7 kg) fås totalvikten 29,7 kg. Det innebär att försökspersonens börda varierade från 25% (inget kroppsskydd) till knappt 40% (kroppsskydd med förstärkningsplattor) av deras nakenvikt. För den lättaste personen utgjorde bördan cirka 50% av hans nakenvikt. Dessa siffror innebär att stridsutrustning med kroppsskydd utan plattor är cirka två kilo tyngre än det som US Army Infantry School rekommenderar som maxgräns vid strid. I en verklig situation skulle bördan ha varit betydligt större eftersom ammunitionstilldelningen var minimal (tre magasin) samt att

inga tyngre vapen medfördes. Normalt ska en grupp som motsvarar försöksgruppen medföra cirka 4 pansarskott på åtta personer, en kulspruta samt kommunikationsutrustning. Större ammunitionstilldelning för det egna vapnet är ett krav liksom gemensam ammunition för t.ex. kulsprutan. Dessutom ingår troligtvis mer än två handgranater samt granater till AK5:ans 40 mm granattillsats. Detta gör att en realistisk börda är minst 10 kg, troligare 15 kg, tyngre än den under försöket. Det medför att den troliga bördan för en soldat med kroppsskydd, i strid, hamnar på cirka 35 kg medan om tilläggsskydd inkluderas så blir bördan uppåt 42 kg. För ksp-skytten kan bördan hamna uppåt 50 kg. Dessa massor innebär att studiens utrustningsalternativ, viktsmässigt, var mycket gynnsamma, där det tyngsta alternativet sannolikt var betydligt lättare än ett realistiskt ”låg(normal)skyddsalternativ”.

Van de Linde och Lotens (1988) utnyttjade mätdata från Derrick et al. (1963) för att beräkna nedgången i prestation orsakad av buret kroppsskydd. De använde en teknik att kombinera skyddets yta med dess vikt för att få ett sammansatt mått på massans och ytans bidrag till t.ex. försämrad rörlighet. Eftersom skydden i denna studie hade samma yta har denna komponent ingen inverkan på tolkningen av resultaten. Dock fann Van de Linde och Lotens (1988) att träffprocenten vid handgranatkastning gick ned från 28% utan kroppsskydd till cirka 24% med ”vanligt” skydd utan förstärkningsplattor, ett skydd som vägde 4,5 kg och täckte 30% av kroppsytan (ca 0,6 m^2). Knapik et al. (1990b) studerade hur handgranatkastning påverkades av mycket snabb förflyttning då bördan var 46 kg och sträckan var 20 km. De fann att kastlängden reducerades med 8% men detta skedde alltså efter en mycket högre fysisk belastning än föreliggande studie där handgranatkastningen föregicks av vila med lunch. I denna studie (tabell 3) fann vi dock ingen påverkan av kroppsskydd, varken i kastlängd eller avvikelse i sidled från kastriktningen. Kastuppgifterna var visserligen olika men om kroppsskyddet hade påverkat prestationen borde det ha inverkat på åtminstone precisionen i sidled. Men inga signifikanta skillnader erhölls, varken vid stående, knästående eller liggande handgranatkastning. En förklaring kan ha varit att fp hade tränat handgranatkastning i mycket begränsad omfattning och då troligtvis bara i stående position. Även om kastlängd och precision inte påverkades av kroppsskyddet upplevde fp skyddet som hindrande, och då KS94 med förstärkningsplattor mer hindrande än KS 94 utan plattor (tabell 4). Generellt så skattades stridsutrustningen utan kroppsskydd som ”inte hindrande” medan stridsutrustning med kroppsskydd ansågs vara ”något hindrande”. Då förstärkningsplattor adderades skattades RPI som ” något hindrande”. Dessa skattningar gällde vid stående position. Vid knästående och liggande upplevdes alla tre utrustningsalternativ som något mer hindrande än vid stående och vid knästående var KS 94 med plattor något mer hindrande än KS 94 utan plattor. Skillnaderna i skattningsvärde var signifikanta vilket indikerar att om kastprestationen hade mätts på annorlunda sätt och med fp som varit mer tränade i uppgiften så hade kanske signifikanta skillnader i prestationsresultat erhållits mellan de olika utrustningsalternativen.

Van de Linde och Lotens (1988) utnyttjade också mätdata från Derrick et al. (1963) för att bedöma kroppsskyddets effekt på snabba förflyttningar. De fann att vid ruscher, som skedde över olika hinder, blev förflyttningstid cirka 38 sekunder utan kroppsskydd. Med ”vanligt” kroppsskydd så blev den ca 45 sekunder, d.v.s. en försämring med cirka 18%. Den försämringen är betydligt större än den som erhölls i denna studie i momentet snabb rusch. Med kroppsskydd utan plattor så var förflyttningstiden ca 66 sekunder jämfört med 64 sekunder utan kroppsskydd vilket ger en försämring med ca 3% (tabell 7). Enligt Van de Linde och Lotens (1988) så är skyddets massa den viktigaste orsaken till försämringen medan skyddets inverkan på rörligheten är mindre betydelsefull. Det moment som Derrick et al. (1963) studerade innehöll förutom snabba förflyttningar även kryp och klättermoment. Därför blir en jämförelse av resultaten kanske mer relevant om resultaten från krypningen genom

röret och äntring i nätet beaktas. Tabell 5 visar att KS94 utan plattor medförde en något långsammare ålning medelst slingring än då inget kroppsskydd bars. Försämringen var ca 11%. I momentet äntring uppför och nedför nätet förlängde kroppsskyddet utan plattor äntringstiden med cirka 11% jämfört med utan kroppsskydd. Således, inkluderandet av olika ”strid-i-bebyggelse-liknande” aktiviteter ökar inverkan av kroppsskyddet, dock inte till den grad som Van de Linde och Lotens (1988) fann. Om jämförelsen istället skulle ha gällt KS94 med förstärkningsplattor mot stridsutrustning utan kroppsskydd hade försämringen blivit 8% (tabell 7), 20% (tabell 5) respektive 21% (tabell 6), data som mer är i nivå med dem som Van de Linde och Lotens (1988) fann. Sett ur belastningsperspektivet så uppvisade hjärtfrekvensmätningarna inga signifikanta skillnader mellan de tre utrustningsalternativen varken vid ålning genom röret, äntring i nätet eller vid de snabba ruscherna. En förklaring kan vara att fp arbetade så snabbt han kunde under de olika momenten. Pulsen visar då på den högsta nivå som den kunde nå efter den givna aktionstiden. Med pulsen som mått på utvecklad effekt, och om pulsen är lika för de olika utrustningarna, kommer med nödvändighet hastigheten vara lägre ju tyngre utrustningen är eftersom en högre effekt krävs för att accelerera en tyngre massa jämfört med en lättare. Upplevelsen av fysisk ansträngning och begränsning i rörelseförmåga visade konsistent högre värden för kroppsskydd än utan. Förstärkningsplattorna förstärkte ytterligare upplevelsen av belastning och rörelsebegränsning. I fallet med ålning medelst slingring tycks dock skillnaden gå mellan med och utan kroppsskydd, inte mellan med och utan förstärkningsplattor.

Pandorf et al. (2001) studerade olika tunga bördors inverkan på prestation att förflytta sig så snabbt som möjligt längs en 3,2 km slät bana. Han fann att en individs prestationen var relaterad till den maximala syreupptaget. I den här studien skattades maximal arbetsförmåga genom att låta fp springa s.k. Cooper-test i sportkläder. Försökspersonernas styrka mättes också, här genom att spurtcykla. Dock så erhölls ingen koppling mellan dessa resultat och de konditions- och styrkekrävande momenten nätäntring, ålning och rusning. Det är också det vanligaste utfallet nämligen att korrelationen mellan fysisk kapacitet och prestation i fält är mycket låg (Bergh, 1990).

Påverkan av utrustning och föregående belastning på skjutresultat har rapporterats i ett antal studier. Knapik et al. (1990b) fann att såväl antalet träffar som träffbildens centrum påverkades av att mycket snabb marsch med tung börda, 46 kg, och lång sträcka, 20 km. Den belastningen var avsevärt högre än den som fp fick utföra i denna studie, nämligen 200m språng med utrustning som enligt tabell 1 vägde som mest ca 30 kg. Skjutresultaten är inte direkt jämförbara eftersom denna studie registrerade träffarnas värde och maximal spridning i träffbilden. Med dessa mått erhölls inga signifikanta skillnader för de olika utrustningsalternativen (tabell 10 till 15). Med avseende på fysiologisk och psykofysiologisk belastning identifierades dock signifikanta skillnader såväl i hjärtfrekvens, RPI och RPE mellan olika utrustningsalternativ (tabell 10 till 15). Skillnaderna uppträdde såväl vid 100 m som 200 m skjutavstånd, under vila samt efter rusch 1 respektive rusch 2. Även om de olika skyddsnivåerna inte gav signifikanta skillnader på individnivå erhölls en god korrelation mellan skjutresultat (värde) (medelvärde för samtliga fp) och motsvarande medianvärde för RPE Med ökande RPE så försämrades värdet (figur 4, vänster). Korrelationen för skjutavståndet 100 m låg högre än för motsvarande för 200 m och regressionslinjen hade brantare lutning vid skjutavståndet 200 m vilket innebär att skjutresultatet på det längre avståndet är känsligare för fysisk belastning än på kortare avstånd, ett resultat som bör betraktas som rimligt (figur 4, vänster). På samma sätt erhölls god korrelation mellan fp:s (medel)skjutresultat (spridning) och medianvärdet för RPE (figur 4, höger). Här var ordningen mellan resultaten för de två skjutavstånden dock omkastade, vilket också är rimligt, d.v.s.

spridningen i träffbild var högre vid 200 m skjutavstånd än vid 100 m (figur 4, höger). Försämringen, d.v.s. ökningen i spridning var också som förväntat större för ökat RPE när skjutavståndet var 200 m jämfört med 100 m

I en studie av Tharion och Obusek (1999) jämfördes skjutförmågan hos skarpskyttar i liggande och stående ställning då den nya LandWarrior-utrustningen respektive konventionell utrustning bars. Resultaten visade entydigt att i liggande ställning så medförde det nya LandWarrior-systemet avsevärt sämre resultat där skyttarna träffade 42% längre från målet, spridningen i träffbilden var 214% större och det tog 38% längre tid till skott. Den huvudsakligen anledningen till det sämre resultatet var att hårda komponenter i det nya bärsystemet förhindrade skytten att lyfta huvudet tillräckligt för att se målet bra. I föreliggande studie mättes inte tid till skott utan den styrdes av skjutledaren som beordrade skott 5 sekunder efter att fp kastat sig ned på respektive skjutplats. Om någon utrustning hade varit mer gynnsam än de andra med avseende på tid till att komma till skott borde det visat sig i bättre skjutresultat. Detta var dock inte fallet. Tabellerna 10 till 15 visar att för samtliga skjutsituationer så skattades FU oftast som ”inte hindrande” medan FUK skattades som ”något hindrande” och FUKP som ”hindrande”. Detta skulle kunna vara delskäl till sämre skjutresultat. Men eftersom RPI och RPE samvarierar är det svårt att separera de två från varandra och därmed identifiera effekten av inskränkt rörelseförmåga respektive fysisk ansträngning. En förklaring till att utrustningen inte var utslagsgivande för skjutresultatet kan ha varit fp:s skjutförmåga. Om den var dålig så blir det svårare att separera effekten av t.ex. utrustning från den spridning som skytten har obelastad. För väl tränade skarp-/prickskyttar bör det vara lättare att identifiera störningar eftersom de annars har en mycket samlad och reproducerbar prestationsnivå. Den klimatmässiga påverkan var relativt lika under de olika försöksdagarna. Värme-/köldbelastning (måttlig) tycks inte heller ha någon stor inverkan på skjutförmågan enligt Tikusis et al. (2002).

Vid hopslagning av belastningsmåtten respektive prestationsmåtten för de olika aktiviteterna (tabell 16, 17 och 18) visade den statistiska behandlingen att signifikanta skillnader i RPE erhölls bortsett från mellan utan kroppsskydd (FU) och med kroppsskydd (FUK). Det tyder på att fp uppfattade att belastningsökningen kom då förstärkningsplattorna adderades till kroppsskyddet medan enbart kroppsskydd inte ökade upplevd belastning nämnvärt (tabell 16). Om hjärtfrekvens tas som ett representativt mått på fysiologisk belastning kopplad till borde liknande samband erhållas. Så var också fallet (tabell 17). Signifikanta hjärtfrekvensskillnader erhölls utom mellan FU och FUK. Motsvarande statistisk behandling av RPI gav svaret att signifikanta skillnader erhölls mellan samtliga utrustningsalternativ. Resultaten tyder på att fp upplevde att begränsning i rörelseförmåga uppträdde då kroppsskydd bars och att skillnaden förstärktes då förstärkningsplattor tillfördes kroppsskyddet. Sammantaget pekar dessa analyser på att belastningen ökar då förstärkningsplattor tillförs men att rörelseförmågan begränsas redan då kroppsskyddet tas på. Räckviddsmätningarna med tillhörande RPI-skattningar stödjer dessa slutsatser. Det var bara i en position, knälyft, som kroppsskyddet varken påverkade den faktiska rörelseförmågan eller upplevelsen av sådan begränsning. Uppenbarligen så är kroppsskyddet över bålen tillräckligt kort för att låret inte ska ta i vid knälyft och på samma sätt tycks underlivsskyddet vara så rörligt upphängt i överdelen att det inte påtagligt bromsar vid knälyft givet att rätt storlek på kroppsskyddet bärs.

Försökspersonernas attityder till att bära kroppsskydd med förstärkningsplattor i hotfulla miljöer indikerar att det kan föreligga en generell acceptans till att bära sådant skydd. Av de tio fp sade bara en sig vara tveksam till att bära förstärkningsplattor i händelse av skarp stridssituation. Det tyder på att den extra belastning som dessa plattor utgör inte på något

avgörande sätt betraktades som allvarligt fysiskt eller mentalt begränsande i avseende prestation, inte heller att belastningen var besvärande hög. Hur bedömningen i en verklig situation skulle se ut är svår att förutse, speciellt som den faktiska bördan då kanske är 10 kg större. Den negativa effekt kroppsskyddet kan ha på prestationen kommer också att vara olika allvarlig för olika situationer. I en fredsbevarande situation kanske skyddet inte är så begränsande samtidigt som behovet av det utökade skyddet kanske är mindre tydligt medan vid strid i bebyggelse så finns det ett stort behov av skydd mot direktverkande eld samtidigt som bäraren kanske prioriterar mer ammunition före ökad vikt i form av skyddsplattor.

Man måste också ta hänsyn till tidsaspekten då soldaten kan tvingas bära länge utan tillfälle till avlastning. Det kan ge ökad brist på komfort p.g.a. svettning (Bergh och Danielsson, 1986, Cadarette et al. 2001, Goldman 1969, Haisman och Goldman, 1974) och försämrad lungfunktion (Majumdar et al., 1997, Legg, 1988). Vid stillasittande kan också den statiska belastningen på axlar och skuldror bli besvärande (Hooper 1999). Speciellt bör också noteras att kroppsskydden inte är utformade för kvinnor vilket kan öka belastningen ytterligare för denna kategori (Bensel et al., 1980, Harper et al. 1997, Harman et al. 1999, Pandorf et al. 2001).

SLUTSATS

Den burna utrustningen påverkar såväl bärarens faktiska och upplevda belastning som hans fysiska prestation. Bördans massa medför viss påverkan medan dess utformning har andra effekter. Sammantaget visar studien att:

1) Kroppsskydd, med eller utan förstärkningsplattor, upplevs vara mer begränsande (RPI) än när stridsutrustningen bärs utan kroppsskydd.
2) Kroppsskydd med plattor upplevs mer begränsande (RPI) än kroppsskydd utan plattor.
3) Kroppsskydd utan plattor upplevs vara lika fysiskt belastande (RPE) som då stridsutrustningen bärs utan kroppsskydd.
4) Kroppsskydd med plattor upplevs som mer belastande (RPE) än kroppsskydd utan plattor.

Ovanstående RPE-slutsatser bekräftas av uppmätt fysisk belastning (HR).

Alltså, ur belastningssynvinkel (RPE, HR) går skillnaden mellan med och utan förstärkningsplattor medan ur begränsningssynvinkel (RPI) går skillnaden både mellan med och utan kroppsskydd samt mellan kroppsskydd med och utan plattor.

Signifikanta skillnader i prestation mellan de tre utrustningsalternativen erhölls vid äntring i nät, ålning medelst slingring, rusch 8x25m samt räckvidd. Däremot var resultatskillnaderna inte signifikanta vid handgranatkastning och skjutning. Dock fanns en tydlig relation mellan upplevd ansträngning (RPE) och skjutresultat (värde och spridning) vid såväl 100 som 200 meter skjutavstånd. Vid äntring i nät var tiden för upp respektive nedklättring linjärt relaterad till utrustningens massa. Vid rusch 8x25m ökade tiden för varje delsträcka och ökningen var exponentiell. Utvecklingen var speciellt tydlig då stridsutrustningen inkluderade kroppsskydd med skyddsplattor.

LITTERATUR

Bensel, C. K. D. S. Fink och S. A. Mellian. The Psychomotor Performance of Men and Women Wearing Two Types of Body Armor Descriptive Note: Technical rept. MAR 1980. ADA086742

Bergh, U. Nya konditionsprov för officerare. FOA –R—99-01347-720—SE, december 1999.

Bergh, U. och U. Danielsson. Skyddsvästars inverkan på fysisk belastning. FOA rapport C 50043-5,1, 1986.

Bowden, M. *Black Hawk Down. A story of modern war*. p. 167, Signet, New York, 2001.

Cadarette, B. S., L. Blanchard, , J. E. Staab, M. A. Kolka och M. N. Sawka. Heat Stress When Wearing Body Armor, MAY 2001, AD Number: ADA384550

Derrick, L., G. H. R. Henn och G. H. Malone. The influence of body armour coverage and weight on the performance of the marine while performing certain simulated combat type tasks. US Naval Medical Field Reseach Laboratory, 13 (29), 1963

Goldman, R. F. Physiological costs of body armour. Military Medicine, 1134, 204-210, 1969.

Gotts, P. A suit of armour for the 21 st century: Development or dream? ISSC 2001 (International Soldier System Conference), Bath, England, 2001.

Haisman, M. F. och R. F. Goldman. Physiological evaluation of armoured vests in hot wet and hot dry climates. Ergonomics, 17, 1-12, 1974

Harman, E., P. Frykman, C. Pandori, W. Tharion och R. Mello. Physiological, Biomechanical, and Maximal Performance Comparisons of Female Soldiers Carrying Loads Using Prototype U.S. Marine Corps Modular Lightweight Load-Carrying Equipment (MOLLE) with Interceptor Body Armor and U.S. Army All-Purpose Lightweight Individual Carrying Equipment (ALICE) with PASGT body Armor, FEB 1999. ADA365448

Harper, W.H., J. J. Knapik och R. de Pontbriand. Equipment Compatibility and Performance of Men and Women during Heavy Load Carriage. Ancient Wisdom - Future Technology. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics.

Hooper, R. H. Why Do Police Officers Leave Their Body Armour in the Cupboard. Contemporary Ergonomics 1999, Edited by M.A. Hanson, E.J. Lovesey and S.A. Robertson. Taylor & Francis, London, 1999

ISSC 1999 (*Proceedings* International Soldier System Conference), Orlando, Fl, USA, 1999.

ISSC 2001 (*Proceedings* International Soldier System Conference), Bath, England, 2001.

Knapik, J., och K. Reynolds, Load Carriage in Military Operations: A Review of Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects. 1997, ADA330082.

Knapik, J., J. Staab, M. Bahrke, K. Reynolds och J. Vogel. Soldier Performance and Mood States Following a Strenuous Road March. Descriptive Note: Rept. for Apr-Jul 89, Report Date: JAN 90. ADA217895

Knapik, J. Loads Carried by Soldiers: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects. Descriptive Note: Technical rept. Oct 88-May 89, Report Date: JUN 89
Army Research Inst Of Environmental Medicine Natick Ma. ADA212050

Legg, S. J. Influence of Body Armour on Pulmonary Function. *Ergonomics*. Year: 1988 Volume: 31 Issue: 3, Pages: 349-353

Majumdar, D., K. K. Srivastava, S. S. Pukayastha, G. Pichan och W. Selvamurthy. Physiological Effects of Wearing Heavy Body Armour on Male Soldiers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20 (2), 1997

Pandorf, C. E., E. A. Harman, P. N. Frykman, J. F. Pattun och R. P. Mello. Correlates of Load Carriage Performance Among Women. Maj, 2001. ADP010988

Tharion, W. J. och J. P. Obusek. Effects of a New Individual Fighting System on Marksmanship. *International Journal of Industrial Ergonomics,* 25 (1) 1999

Tikuisis, P., A. A. Keefe, J. Keillor, S. Grant och R. F. Johnson. Investigation of rifle marksmanship on simulated targets during thermal discomfort.. Aviation, Space and Environmental Medicine, Dec; 73(12): 1176-83, 2002.

Townsend, S. J. The Factors of Soldier's Load. Descriptive Note: Master's thesis, Report Date: JUN, 1994. ADA284389

Van de Linde, E. och W. A. Lotens. Handbook on clothing. Biomedical effects of military clothing and equipment systems. NATO, Bryssel, 1988.

Warren, P. H. och H. L. Dragsbaek. Expert system to lighten the soldier's load. The Second Natick Science Symposium, June 1-3, 1988, U.S. Army, Natick. JUN, 1988, ADD750325

APPENDIX

Kroppsskydd 94 (KS94)

Kroppsskydd 94, front, med istoppad förstärkningsplatta

Kroppsskydd 94 rygg, med istoppad förstärkningsplatta

Kroppsskydd 94, front, med urtagen förstärkningsplatta

Kroppsskydd 94 rygg, med urtagen förstärkningsplatta

Kroppsskydd 94 med dess förstärkningsplattor urtagna

RPE

6
7 mycket, mycket lätt
8
9 mycket lätt
10
11 ganska lätt
12
13 något ansträngande
14
15 ansträngande
16
17 mycket ansträngande
18
19 mycket, mycket ansträngande
20

RPI

1 inte alls hindrande

2 något hindrande

3 hindrande

4 mycket hindrande

5 mycket, mycket hindrande