

Ulf Arborelius, Dan Gryth, Dan Drobin, Jenny Bursell, Lars-Gunnar Olsson,
B Thomas Kjellström

Biomedicinska effekter av trubbigt våld (BABT) bakom skyddsväst

TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT

NBC-Skydd
901 82 Umeå

FOI-R--1111—SE

Januari 2004

ISSN 1650-1942

Användarrapport

Ulf Arborelius, Dan Gryth, Dan Drobin, Jenny Bursell, Lars-Gunnar Olsson,
B Thomas Kjellström

Biomedicinska effekter av trubbigt våld (BABT) bakom skyddsväst

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI NBC-skydd, Institutionen för Försvarsmedicin, Enheten för Experimentell Traumatologi Retzius väg 8, B1:5 Karolinska institutet 171 77 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R----SE	Klassificering Användarrapport	
	Forskningsområde 8. Människan i totalförsvaret		
	Månad, år Januari 2004	Projektnummer E4410	
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet		
	Delområde 82 Vapentraumatologi		
Författare/redaktör Ulf Arborelius Dan Gryth Dan Drobin Jenny Bursell Lars-Gunnar Olsson B Thomas Kjellström	Projektledare Ulf Arborelius		
	Godkänd av Thomas B Kjellström, Tjänsteförättande AC		
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten		
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Ulf Arborelius		
Rapportens titel Biomedicinska effekter av trubbigt våld (BABT) bakom skyddsväst.			
Sammanfattning (högst 200 ord) Verksamheten syftar till att ge underlag för utveckling av effektiva kroppsskydd. Med hjälp av en djurmodell (grisar som väger ca 60 kg) och en omfattande mätarsenal registreras patofysiologiska förlopp och skador. Skyddet placeras på högra bröstskorgssidan, på den sövda och ryggliggande grisen. Skyddet beskjuts med AK4, 7,62 mm standardammunition, från 10 m avstånd. I en delstudie användes kompletta skydd, motsvarande kroppsskydd m94 med tillägsskydd (aluminiumoxid-keram). Alla skjutna grisar fick ett andningsuppehåll (medelvärde 2' 40"), en lungskada (lungkontusion) på höger lunga och en måttlig påverkan på cirkulation och syresättning. De fick också förändringar i hjärnaktiviteten (mätt med EEG) som talar för att de skulle ha en sänkt medvetandenivå i några minuter. En soldat, med motsvarande skada, skulle vara inkapiterad och behöva övervakning på sjukhus något dygn. I en annan delstudie åstadkoms, med ett speciellt, modifierat skydd, en svårare skada med en dödlighet på ca. 40%. Denna modell används för att jämföra två behandlingsalternativ: infusion av lösningarna Ringeracetat (2000 ml) eller RescueFlow (250 ml) som normalt används vid blödningar. RescueFlow finns i FM:s sjukvårdsorganisation. Analyserna av dessa resultat pågår.			
Nyckelord BABT, skyddsväst, trubbigt våld, sårballistik			
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska		
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 20 s.		
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista		

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency NBC-defence, Dept. of Defence medicine, The unit for Experimental Traumatology Retzius väg 8, B1:5 Karolinska institutet SE-171 77 Stockholm Sweden	Report number, ISRN FOI-R--1111—SE	Report type User report
	Programme Areas 8. Human Systems	
	Month year January 2004	Project no. E4410
	General Research Areas 5. Commissioned Research	
	Subcategories 82 Experimental Traumatology	
Author/s (editor/s) Ulf Arborelius Dan Gryth Dan Drobin Jenny Bursell Lars-Gunnar Olsson B Thomas Kjellström	Project manager Ulf Arborelius	
	Approved by Thomas B Kjellström, Acting Head of Division	
	Sponsoring agency The Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible Ulf Arborelius	
Report title (In translation) Biomedical effects of Behind Armour Blunt Trauma (BABT).		
Abstract (not more than 200 words) <p>The main goal in this project is to create the knowledge needed to construct efficient ballistic protection vests. We used an animal model (anesthetized swine, BM approx. 60 kg) and registrations of several physiological variables (eg. ECG, EEG, cardiac output, arterial and venous blood pressure) were performed. The armour was placed over the right side of the thorax. The weapon used was a standard 7.62 mm assault rifle (Swedish Armed Forces Mk AK4). Firing distance was 10m.</p> <p>In one part of the project complete protection sets, equivalent to a vest, used by the Swedish Armed Forces, with a ceramic (aluminium oxide) plate were used. All exposed pigs developed temporary respiratory arrest (mean 2' 40") and a moderate impairment of circulation and oxygenation. At post-mortem contusion of the right lung was demonstrated. The brain activity (according to EEG) was impaired corresponding to a lowered level of consciousness. A human being with a similar injury would have been incapacitated and required hospital care for 24 hours.</p> <p>Another part of the project has been focusing on treatment of BABT. A severe injury has been inflicted on the pigs, by use of reduced armour. The lethality, in untreated animals, was 40%. Two infusion solutions (RescueFlow and Ringeracetat) were compared with no treatment. Analyzes of the results have not been finished.</p>		
Keywords BABT, personal armour, blunt trauma, would ballistics		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 20 p.	
	Price acc. to pricelist	

FOI, NBC-skydd, Institutionen för Försvarsmedicin,
Enheten för Experimentell Traumatologi

Biomedicinska effekter av trubbigt våld (BABT) bakom skyddsväst

Ulf Arborelius, Dan Gryth, Dan Drobin, Jenny Bursell, Lars-Gunnar Olsson &
B Thomas Kjellström

Innehållsförteckning

1	Introduktion	5
1.1	Projektet	5
1.2	BABT-begreppet	5
1.3	Forskningens inriktning	5
2	Övergripande metodik	6
2.1	Biologisk skadmodell	6
2.2	Procedur och datainsamling	6
3	Studie av spontanandning vid BABT	8
3.1	Inledning	8
3.2	Specifik metod	8
3.3	Resultat	8
3.4	Sammanfattning	13
4	Jämförelse av olika behandlingsalternativ vid BABT	14
4.1	Skadmodell	14
4.2	Behandlingsstudie	14
4.2.1	Inledning	14
4.2.2	Specifik metodik	15
4.2.3	Preliminära resultat	15
5	Övrig verksamhet inom projektets sårballistikdel	17
6	Diskussion	18
	Referenser	20

1 Introduktion

1.1 Projektet

Det aktuella projektet löper över åren 2002-2004.

Under 2003 överfördes en ny del, från ett tidigare existerande projekt, till detta projekt. Det "nya" delprojektet syftade till att anpassa data från datorprogrammet Computerman till verkansvärderingssystemet AVAL.

Denna del av projektet redovisas i en separat, hemlig, rapport - Penetrationskriterier för människan i AVAL baserade på simuleringar i ComputerMan, FOI-RH--0262-SE, varför de delarna av projektet inte redovisas i denna rapport.

1.2 BABT-begreppet

BABT står för: Behind Armour Blunt Trauma. BABT orsakas av restvåldet bakom skyddet vid ett våld som inte penetrerar skyddet, t.ex. en skyddsväst. Skyddet stoppar projektilen och sprider ut energiupptaget över tiden och över större yta. I gynnsamma fall leder beskjutningen till ett kortvarigt obehag men det finns indikationer att resultatet kan bli tillfällig inkapacitering, svårare skador och även dödsfall.

Ett uppenbart problem i detta sammanhang, är avsaknaden av statistiska uppgifter. Antagandet att BABT är ett reellt problem baseras på spridda uppgifter om skadade och döda, det stora intresse för området som kan noteras från mer aktivt krigförande nationer och resultaten från djurförsök i Sverige och andra länder.

Man kan notera att det finns ickemilitära dödsfall av liknande typ. Det har t.ex. inträffat dödsfall till följd av träffar av ishockey-puck i bröstet.

I dagens situation, då vi i fredstid utsätter svenska medborgare för risk för vapenangrepp vid internationella insatser, blir naturligtvis även denna typ av risker relevanta.

Även i avsaknad av strukturerad information om hoten är det uppenbart att de volymmässigt största hoten kommer från 7,62 mm projektiler, avlossade från AK47-karbiner ("Kalashnikov"), samt splitter från olika källor.

1.3 Forskningens inriktning

Det övergripande målet är att bidra till ökad säkerhet för militär personal genom att öka kunskapen om hur skador till följd av olika former av projektiler skall:

- i 1:a hand undvikas
- minimeras
- behandlas för att ge snabbast möjliga läkande och minsta mängd bestående men.

För att uppnå dessa mål vill vi förstå och kvantifiera mekanismerna för:

- projektilers farlighet
- ett skydds effektivitet

- människans känslighet
 - medicinska skador och funktionspåverkan
 - verkningsmekanismer
 - grad av inkapacitering
 - risk för död eller bestående men
 - vårdbehov
 - effekten av behandlingar

Hittills har verksamheten varit helt fokuserad på människans känslighet och djurförsök har använts för att belysa området.

Under 2002 respektive 2003 har två delstudier bedrivits inom BABT-området, men med olika frågeställningar. Dessa kommer att beskrivas i rapporten.

2 Övergripande metodik

2.1 Biologisk skademodell

Inom projektet används, med olika variationer, en skademodell som bygger på beskjutning av sövd gris. Grisen ligger på rygg och har ett skyddsvästsegment på höger bröstorgssida.

Ett skott skjuts med automatkarbin, AK4, med 7,62 mm NATO standard ammunition med blykärna - "ball". Skjutavståndet är 10 m. Riktningen sker med laserpekare som förs in i pipan. Riktpunkten ligger minst 8 cm in på plattan och ca 6 cm under (caudalt) om spetsen på skulderbladet. Med hjälp av en spegel på målytan kontrolleras att laserstrålen reflekteras vinkelrätt. Djuret observeras med ITV-system och skottet avlossas vid maximal inandning.

I vissa serier (kontrollförsök) har blankskott (lös ammunition) använts och i dessa har krutmängden anpassats för att ge en knall som överensstämmer med skarpt skott.

2.2 Procedur och datainsamling

Djuren installades minst 1 dygn före försöket för att minska stressen. I stian premedicerades grisen med en injektion av 4 ml Zoletil[®] Forte Vet. (Virbac Laboratories) och Dormitor[®] Vet. (Orion Corporation) (blandade: 10 ml Dormitor + 250 mg Zoletil) i nackmuskulaturen. Alla doser anges här för en 60 kg gris.

Grisen vägdes och en kanyl inlades i en öronven. Narkosen startades genom injektion i denna kanyl av 5 ml Pentobarbitalnatrium[®] (Apoteksbolaget), 0,5 ml Atropin (NM Pharma AB) och 10 ml Ketalar[®] (Parke-Davis). Atropin gavs för att hämma slemproduktionen i luftvägarna.

Därefter öppnades luftstrupen (tracheotomi) och en slang inlades där och kopplades till respirator.

Genom snitt i halsen lokaliserades de stora venerna (vena jugularis externa) på båda sidor och en stor artär (arteria carotis communis). I dessa kärl inlades katetrar för

infusion av narkosmedel (ven), mätning av tryck, temperatur, syreinhåll och blodflöde. Narkosen underhölls med infusion av ca. 25 ml Ketalar® per timme.

Skyddsvästen monterades och fästes med band runt grisen. Därefter riktades vapnet och till sist lottades djuret till skarpt eller löst skott (kontroll).

Efter skottet togs prover och registrerades de flesta parametrar vid 5, 10, 15, 30, 45 min osv. Efter skottet lossades också västen.

Med hjälp av elektroder som skruvats fast i kraniet registrerades EEG (elektroencefalogram), som visade hjärnans elektriska aktivitet på en EEG-apparat (Nihon Kohden Corporation model EEG-7209, Japan). Med hjälp av en enkel accelerometer (Södersjukhusets medicinskt tekniska avdelning), placerad på buken på grisen, registrerades denna apparat även andningsrörelser.

Generellt registreras följande parametrar:

- EEG - hjärnaktivitet
- EKG - hjärtrytm
- Andningsrörelser
- Andning: minutvolym, frekvens
- Artärtryck
- Centralt venttryck
- Tryck i lungartären
- Hjärtminutvolym (termodilutionsteknik)

- pO₂ (partialtryck syre) arteriellt
- pCO₂ (partialtryck koldioxid) arteriellt
- Syremättnad arteriellt
- Syremättnad venöst
- Central temperatur (a. pulmonalis)
- pH, Base excess, laktat
- Hb, hematokrit
- Elektrolyter (Na, K, Ca)

Tillsammans ger dessa parametrar en bra bild av hur andning, cirkulation, metabolism (ämnesomsättning) och centrala nervsystemet påverkas.

Om grisen inte hade avlidit spontant inom 2 timmar avlivades den med injektion av avlivningsvätska för veterinärt bruk.

Efter döden undersöktes och mättes ytan av det ytliga blåmärket i huden och antalet revbensbrott som kunde kännas manuellt noterades. Lungorna vägdes och deras volym mättes genom att de lades i plastpåse som nedsänktes i vatten, varvid den undanträngda vattenvolymen mättes. Det skadade området i höger lunga fripreparerades och vikt och volym mättes.

3 Studie av spontanandning vid BABT

3.1 Inledning

I de tidigare serierna hade grisarna ventilerats mekaniskt och frågan hade uppstått huruvida en spontanandning skulle slås ut av det våld som överförs till bröstkorgen via skyddsvästen. En permanent eller långvarig utslagning av andningen skulle naturligtvis leda till både hög dödlighet och försvårade skador.

Till skillnad från det tidigare experimenterandet med olika skydd avsåg vi här att använda ett skydd som motsvarar ett komplett kroppsskydd, med tilläggskydd i form av en armerad keramplatta (aluminiumoxid), som används av Försvarsmakten. Detta är det skydd som huvudsakligen har används vid de senare internationella insatserna. "Traumavärdet" - intryckningen i modellerna bakom skyddet - för detta skydd är 23 mm (Gryth m.fl 2002).

3.2 Specifik metod

Avsikten var att använda grisar 50-70 kg, varav 10 skulle beskjutas med skarpa skott och 8 med löst skott. Pga. leveransproblem kom två grisar under 50 kg med, men dessa (som kommenteras separat) lyftes ut ur huvudserien och ersattes med två nya grisar med adekvat vikt.

Eftersom grisarna skulle spontanandas antogs följande strategi:

1. För att hålla andningsvägarna öppna (i ryggläge), och för att vi skulle kunna mäta andningsvolym, skulle luftstrupen öppnas kirurgiskt (tracheotomi) och ett rör inläggas på samma sätt som i övriga serier.
2. För att mäta andningsflöden användes en respirator som anslöts till detta rör via två slangar (med enkelriktat flöde). För att kompensera för flödesmotståndet i dessa slangar och i apparaten inställdes denna på att ge en minimal flödeshjälp (tryck = 1 cm vatten).
3. Dessutom ändrades narkosmedlen på så sätt att petidin, som kan verka hämmande på andning, togs bort och enbart Ketalar[®] (induktion 10 ml, underhåll 25 ml per timme) användes för att starta och underhålla narkosen (efter sedvanlig premedicinering).

De använda kroppsskydden motsvarade kroppsskydd med keramförstärkningskydd. Förstärkningsplattan var en normal ryggplatta. Innanför västen placerades en bomullsduk som skulle motsvara en fältskjorta eller T-shirt. Grisen låg på rygg och skyddet sattes på höger sida. Väst(sektionen) fästes med kardborrband runt kroppen så att den låg dikt an mot bröstkorgen men inte hindrade andningsrörelserna.

Under det att djuret fick stabilisera sig i ca 30 minuter efter ingreppen togs prov (se sektion 2.2) för basvärden och försöket lottades till skarpt eller löst skott.

3.3 Resultat

Samtliga djur överlevde 2 timmar oavsett om de beskjutits med skarpt eller löst skott.

Andning

Alla grisar beskjutna med skarp ammunition: andningsuppehåll mellan 6 och 44 sekunder - medelvärde 22 sek.

Kontroller: en uppvisade en mycket kort paus (1,7 sek) vid skott, annars ingen påverkan.

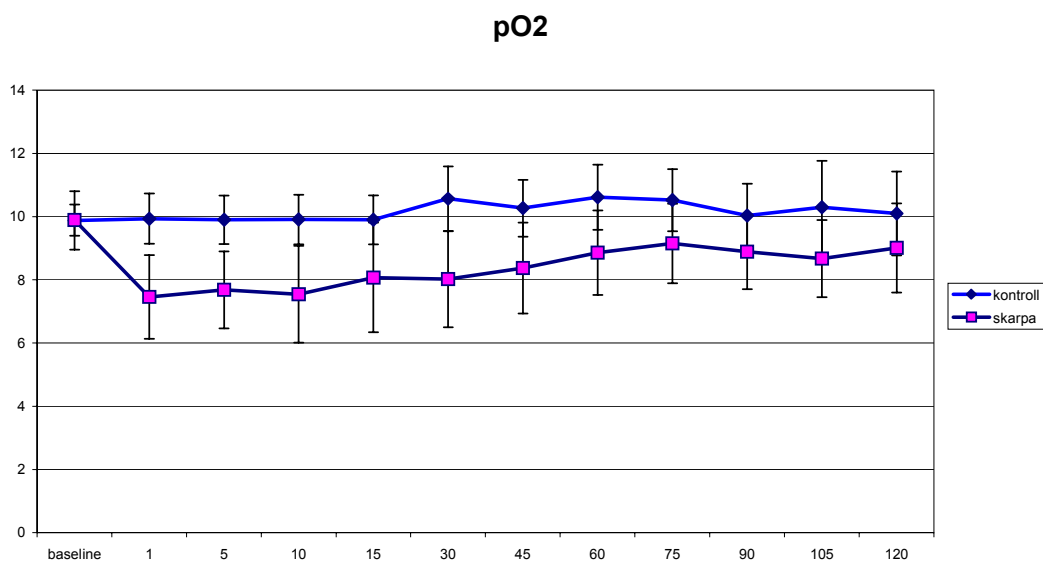
EEG

2 st: Måttlig-kraftig hjärnpåverkan som upphör inom några minuter. Detta tolkades som att en vaken soldat skulle ha drabbats av medvetlöshet av varierande längd (minuter) följt av medvetandepåverkan, sannolikt flera timmar. Det är naturligtvis befogat med en viss försiktighet, vid överföring av resultat från sövd gris till vaken människa. Sambandet mellan EEG i sövda och vakna djur finns beskrivet i en modern översiktsartikel (Shaw 2002).

Resterande 7 (1 bortfall pga. tekniska problem): Kortvarig lätt påverkan som upphör inom någon minut, vilket tolkades som: Medvetandepåverkan, eventuellt med kortvarig medvetlöshet. Under denna tid torde soldaten vara inkapaciterad.

Kontrolldjuren visar ingen påverkan.

I figurerna nedan visas medelvärden och 95% konfidensintervall. På x-axlarna anges

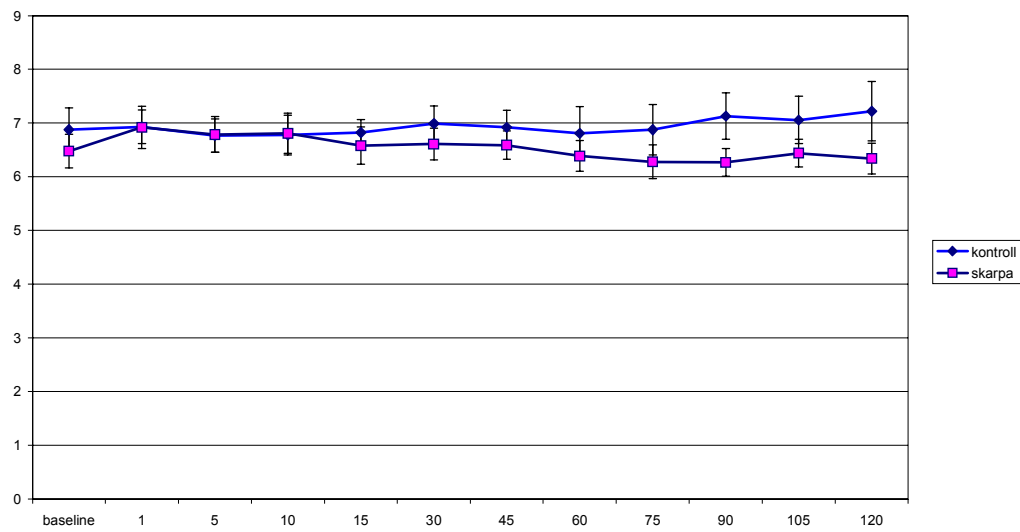


förevärderna "baseline" och tid, i minuter, efter skottet.

Det partiella syretrycket (pO₂, mätt i kPa) sjunker i blodet hos de skjutna grisarna vilket innebär att de inte klarar av att bibehålla syresättningsnivån. Tillsammans med övriga observationer måste detta tolkas som att grisarna har en relativt kraftig påverkan, av sin skada, och är i ett instabilt tillstånd.

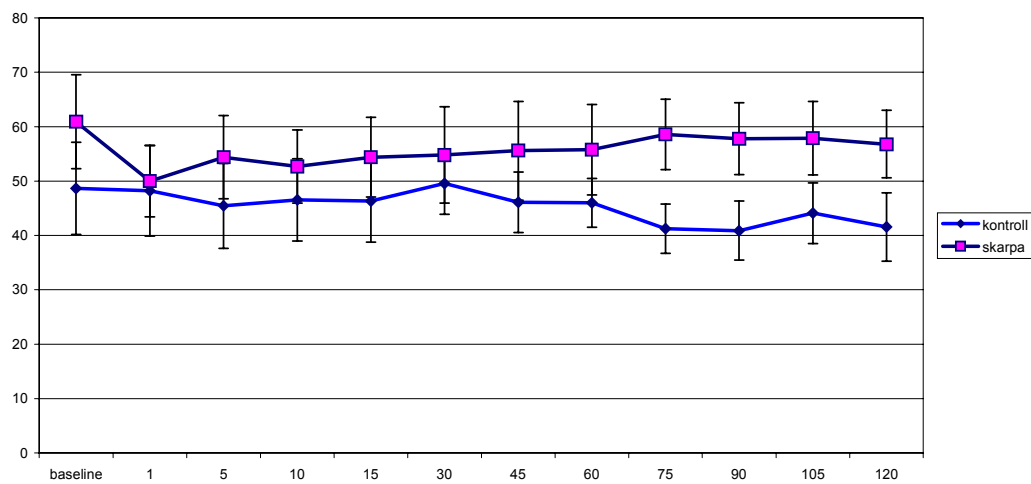
Den bestående andnings"driven" gör att koldioxiden (partialtryck – pCO₂, mätt i kPa) vädras ut och de skarpt beskjutnas värden kommer att ligga lite under kontrollernas.

pCO₂

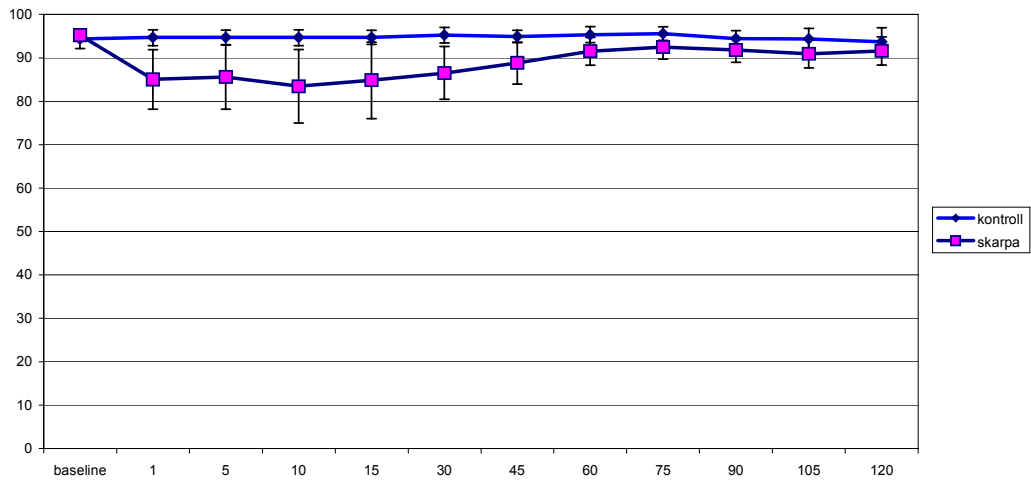


Andningsfrekvensen (andetag/min) sjunker först visar därefter en återgång mot baselinevärdet.

Andningsfrekvens



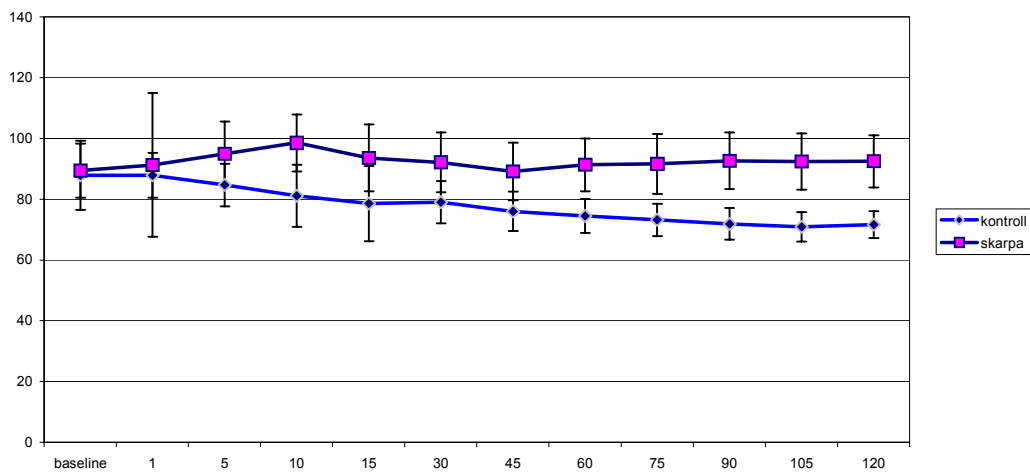
O2-mättnad, arteriellt



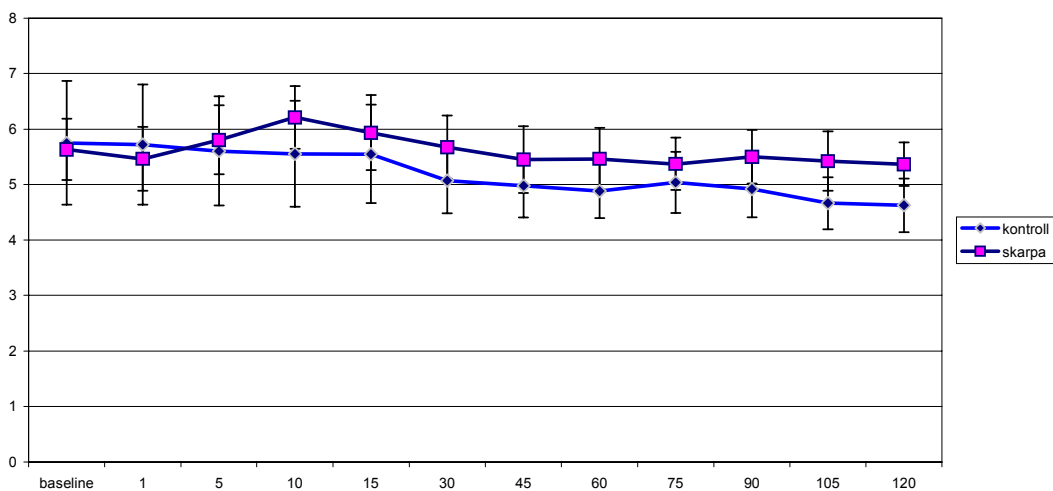
Även sänkningen i arteriell syremättnad (mätt i %) visar på att djuren har en störd syresättning, som de till en början inte lyckas kompensera.

Hjärtfrekvensen (slag/min) ligger stabilt, men något ovanför kontrollerna.

Hjärtfrekvens

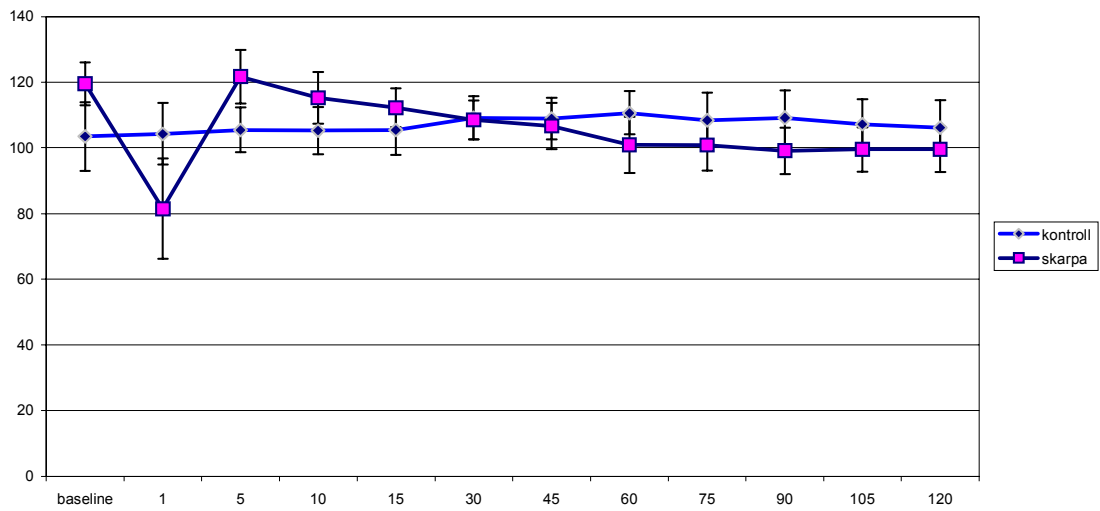


Cardiac Output



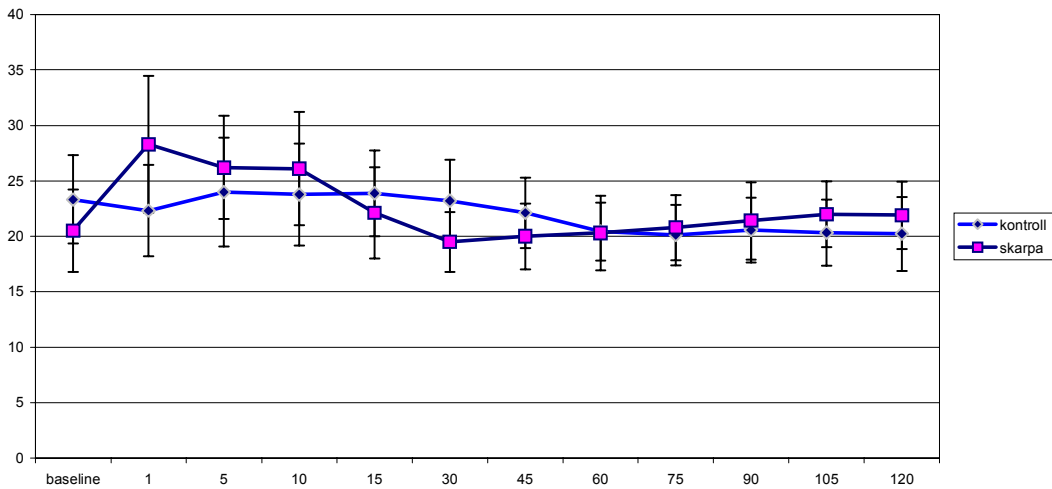
Hjärtminutvolymen (cardiac output, mätt i liter/min) påverkas endast i mindre grad.

Artärtryck, centralt



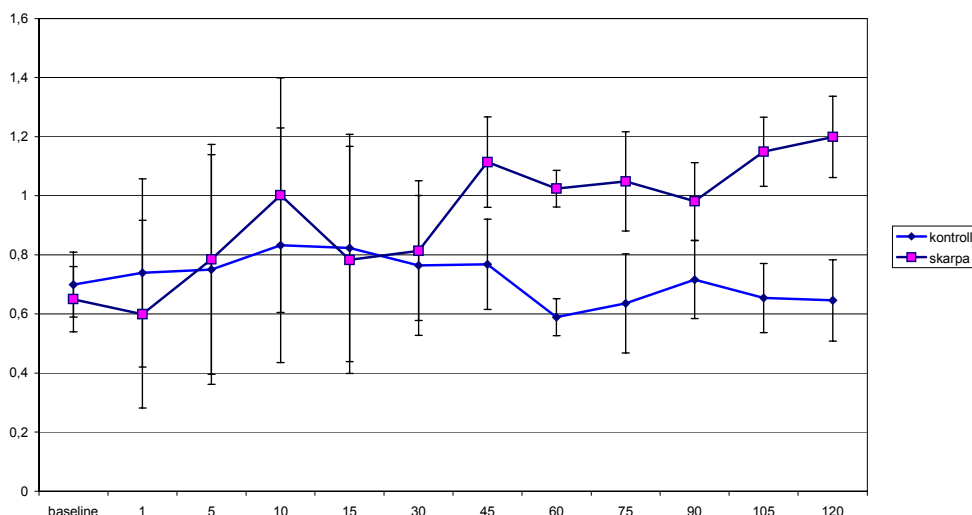
Artärtrycket (mätt i mm Hg) sjunker kraftigt den första minuten, sannolikt till följd av kärldilatation, och därefter en snabb återhämtning.

A. pulmonalis-tryck



Lungartärtrycket (mm Hg) ökar initialt, sannolikt som ett tecken på ökat flödesmotstånd i lungorna, för att därefter normaliseras.

Laktat



Ett mått på hur mycket ämnesomsättningen övergår till att fungera utan syre (anaerob) är hur mycket av den sura produkten laktat (mätt i mmol/liter) som finns i blodet. Laktatnivån fördubblas under observationstiden, dock fortfarande på en inte alltför alarmerande nivå.

Obduktionsfynd

Alla exponerade djur hade ett blåmärke, ca 5 cm i diameter, direkt under träffytan. Två djur hade ett revbensbrott och två hade två brott. Alla djur i försöksgruppen hade en avgränsad krosskada och blödning i höger lunga (lungkontusion med hematom). Därtill kom enstaka revbensbrott.

3.4 Sammanfattning

Alla de skarpt beskjutna djuren påverkades. Alla fick en skada på lungan (lungkontusion) närmast träffen och de fick också ett andningsuppehåll vid träffen. Den samlade bilden av de morfologiska skadorna, EEG och hur de fysiologiska parametrarna påverkas talar för att soldater som träffats på detta sätt hade blivit satta ur stridbart skick och behövt minst något dygns sjukhusövervakning, eftersom det finns en klar risk för livshotande komplikationer.

De underviktiga (<50 kg) djuren har inte inkluderats i sammanställningen ovan. Ett djur som vägde 45 kg dog efter 10 minuter, efter att ha fått ett helt utslätat EEG. Ett annat djur, som vägde 49 kg, överlevde men var det enda djuret som hostade blod, tydande på en svårare lungskada än hos övriga. Man måste naturligtvis vara försiktig med att dra slutsatser från två djur, men resultatet kan tyda på ett viktberoende.

4 Jämförelse av olika behandlingsalternativ vid BABT

4.1 Skademodell

Vår målsättning var att åstadkomma en standardiserad, relativt svår, BABT-skada. Denna skademodell skulle kunna användas för att:

- studera de patofysiologiska mekanismerna vid BABT.
- jämföra behandlingar.
- studera andra former av högenergivåld mot bröstkorgen.
- studera inverkan av stötvåg i luft och vatten.
- vara en experimentell modell för annat trubbigt våld, t.ex. trafikolyckor.

För att uppnå en skadenivå där behandling skulle vara väsentlig för individens överlevnad eftersträvades att skadorna – obehandlade – skulle vara dödliga i upp mot 50%. Ett anpassat skydd, som dock inte motsvarar någon militärt använd kombination, provades fram. Detta anpassade skydd kom att bestå av:

Förstärkningskydd m98 (Level III) av polyeten.

Tillägg: 4 lager Kevlarväv.

Den resulterande impressionen i modellerna blev 41 – 42 mm.

4.2 Behandlingsstudie

4.2.1 Inledning

Målsättningen var att jämföra behandling med två olika infusionslösningar - RescueFlow[®] (BioPhausia AB) och Ringeracetat (Fresenius Kabi) - sinsemellan och med ingen behandling.

Skälet till att denna jämförelse ansågs angelägen är att det har ifrågasatts hur svårt skadade skall behandlas, när man inte vet om de har en lungskada, isolerat eller tillsammans med andra skador. Det har diskuterats om det är skadligt att ge sådana patienter vätska och, i annat fall, vilken vätska man skall ge.

RescueFlow[®] ges i mycket mindre volym än Ringeracetat och andra liknande vätskesättningslösningar. Det innebär att den är lättare att ha med sig långt ut i organisationen och att den är lättare att värma till kroppstemperatur. RescueFlow finns numer som standardvätska i krigsorganisationen.

Ett ytterligare syfte med denna studie var att införa fler biokemiska markörer för vävnadsskada, detta för att fördjupa förståelsen för de biologiska mekanismerna och för att utvärdera markörernas användbarhet för detta område.

De aktuella markörerna var S100, Endotelin, TNF α (Tumor Necrosis Factor) och IL6 (Inter Leucin).

Experimenten har genomförts 2003 men flera biokemiska analyser är inte klara och inte heller den totala tolkningen av resultaten.

4.2.2 Specifik metodik

Vi använde den ovan beskrivna skademodellen med följande tillägg.

Djuren andades spontant vid skadetillfället men var tracheotomerade och ventilerades mekaniskt under förberedelserna.

Före skott lottades grisarna till en av tre grupper:

- A. Infusion Ringeracetat 2000 ml på 30 minuter.
- B. RescueFlow[®] (dextran 70 and 7.5% NaCl) 250 ml på 5 minuter.
- C. Ingen behandling.

Antal grisar var 10 vardera i grupp A och B, samt 9 i grupp C.

Alla grisarna besköts med skarpt skott och fick därefter ett standardiserat "omhändertagande", som skulle kunna vara realistiskt i strid och med bästa förutsättningar i övrigt (= närhet till kunnig personal + viss utrustning).

Sålunda:

- lades grisarna i sidoläge 1 minut efter träff.
- sögs luftvägarna efter 3 minuter.
- kopplades respirator in efter 5 minuter.

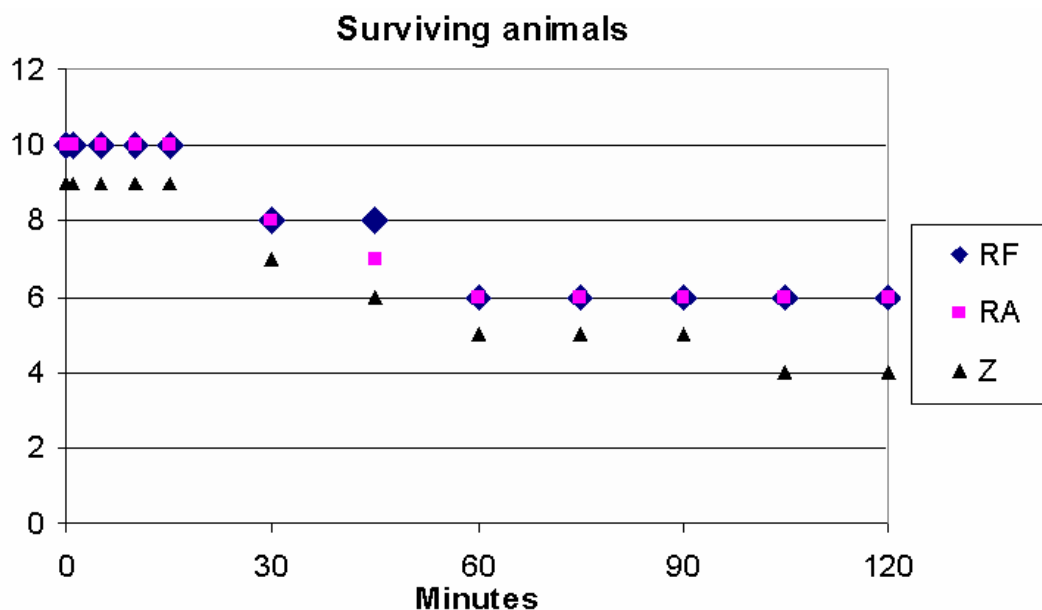
Denna behandling fick även grisarna i grupp C.

Efter 10 minuter kopplades infusionslösningen in på de grisarna i grupp A och B.

4.2.3 Preliminära resultat

5 av 9 obehandlade grisar dog. I båda behandlingsgrupperna dog 4 av 10. I figuren nedan visas hur många djur som levde vid olika tidpunkter.

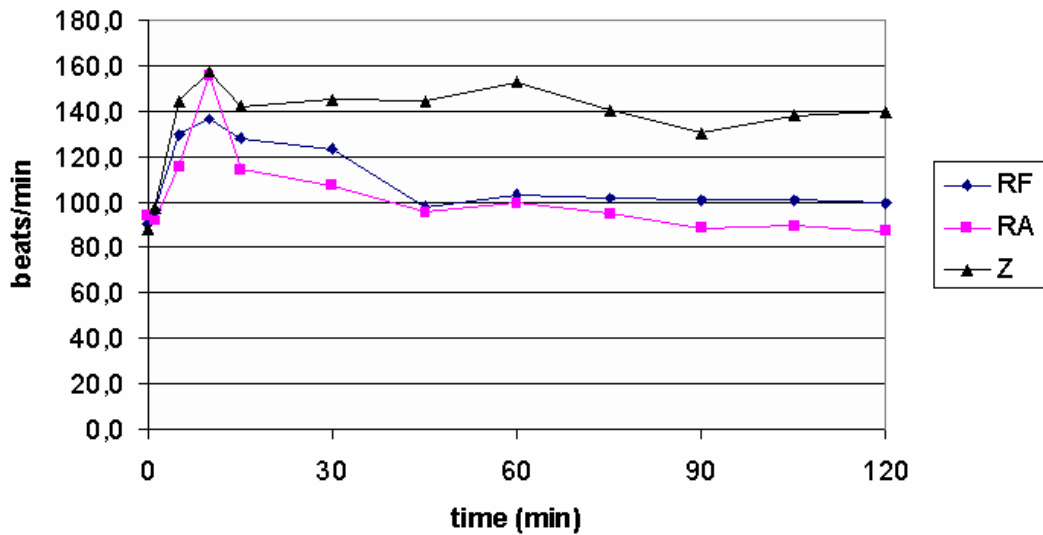
I figurerna betecknar Z kontroller, RF RescueFlow och RA ringeracetat. Figuren nedan visar hur många grisar, i de olika grupperna, som levde viss tid efter skott.



Alla grisar fick ett andningsuppehåll. Medelvärdet var 2 minuter och 40 sekunder. Det kortaste uppehållet var 30 sekunder och några grisar tog bara något andetag innan respiratorn kopplades in.

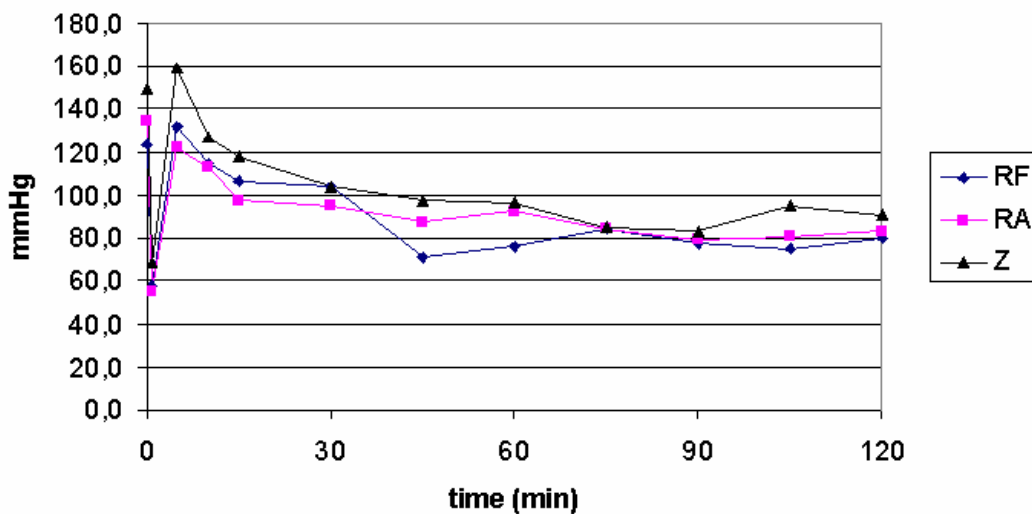
Nästan alla hostade blod.

Heart rate

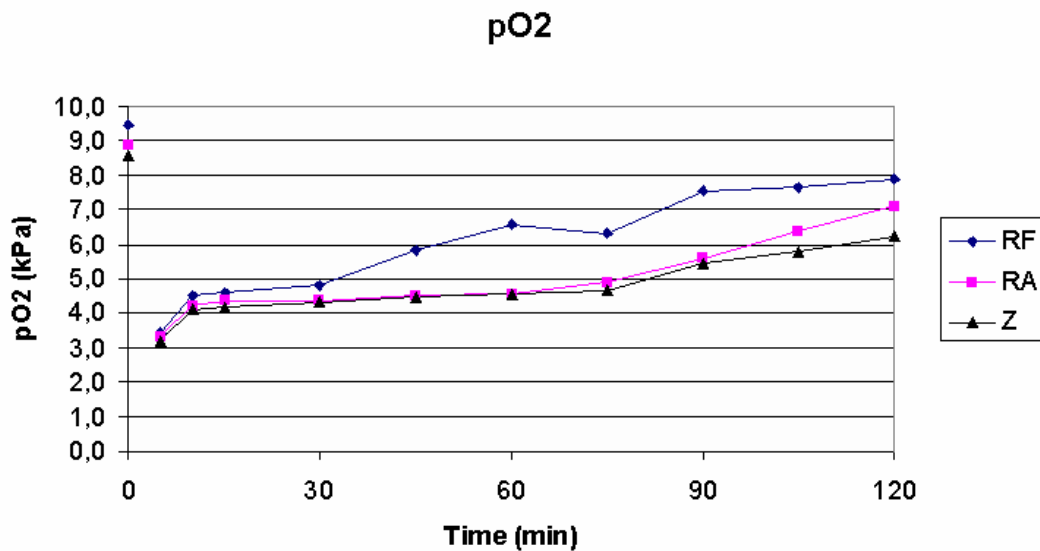


Hjärtfrekvensen gick upp efter skott, men sjönk sedan igen. De obehandlade grisarna ligger högre än de behandlade. Flera fall av störningar av hjärtrytmen, som kammarflimmer, förekom.

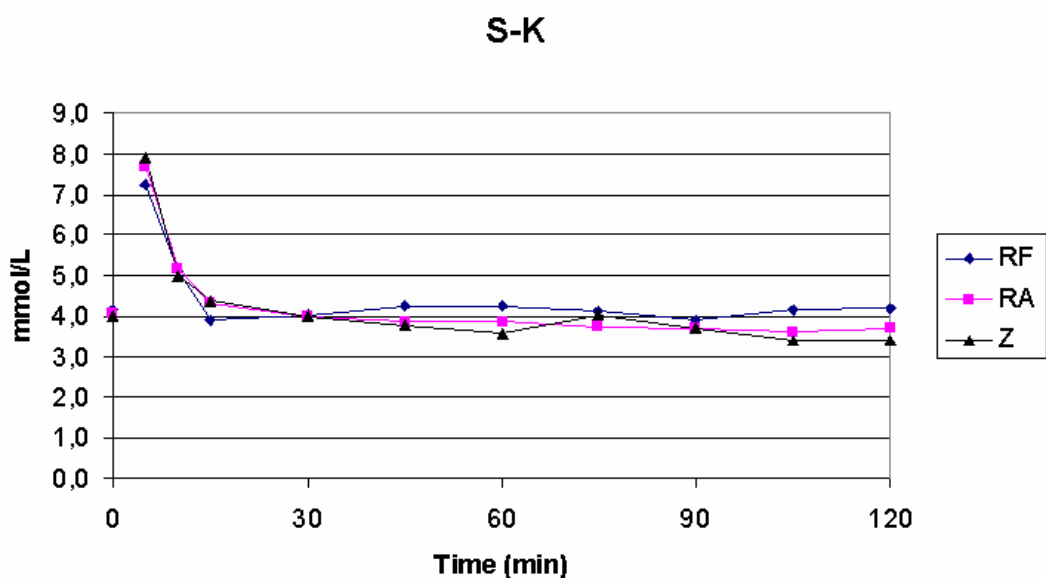
Mean arterial pressure



Det arteriella blodtrycket sjönk kraftigt, initialt, men ökade sedan. Ingen skillnad förelåg mellan grupperna.



Även syresättningen av det arteriella blodet sjönk mycket kraftigt, initialt. Värdena för RecueFlow-gruppen låg högre under perioden 45—120 min efter träffen.



Den kraftiga initiala höjningen av serum-kalium innebär en klar risk för rytmrubbningar i hjärtat, vilket ju också observerades i flera fall.

Alla djuren, i alla grupper visade måttliga till svåra EEG-förändringar.

Alla djuren hade också en lungskada (lungkontusion) på höger lunga.

5 Övrig verksamhet inom projektets sårballistikdel

Vi har naturligtvis ambitionen att följa med vad som händer internationellt, både inom hotutvecklingen och inom skyddsforskningen. Därför var gruppen representerad i den NATO-arbetsgrupp som behandlade BABT (HFM-001). Gruppens arbete är avslutat och slutrapporten är under färdigställande.

Den återkommande kongress som är av störst värde, inom området, är PASS - Personal Armour Systems Symposium. Projektledaren deltog i mötet 2002 (Haag). Det föreföll då som vi är ensamma om att studera inverkan på centrala nervsystemet av restvåld bakom skydd. Den biologiska/medicinska aktiviteten inom området är också ganska blygsam medan flera länder har ambitiösa projekt avseende tekniska mätningar och simuleringar.

Till det kommande PASS-mötet (Haag 2004) har vi anmält ett bidrag: Injuries and pathophysiology in "well protected" swine subjected to behind armour blunt trauma (BABT).

Vi presenterade också vår forskning vid det NATO/PfP-möte (The Applied Vehicle Technology Panel (AVT) and The Human Factors & Medicine Panel (HFM) Specialists' Meetings (RSM) on AVT-097 Equipment for Personal Protection and HFM-102 Personal Protection : Biomechanical Issues and Associated Physio-Pathological Risks) i Koblenz, Tyskland, maj 2003, i form av föredraget:

Severity of behind armour blunt trauma (BABT) depends on extent of deformation of body armour - Studies in swine.

Detta framförande väckte stort intresse och renderade kontakt med flera relevanta forskargrupper från olika länder. Även om verksamheten inom den biomedicinskt experimentellt orienterade skyddsforskningen är mycket måttlig i omfattning, så förefaller intresset för vår forskningsinriktning stort. Det finns således ett stort internationellt intresse för BABT-problematik, oaktat att det epidemiologiska underlaget för skadeförekomst är bristfälligt.

Våren 2003 var FOI med och organiserade en konferens i Umeå om omhändertagande vid katastrofer. Vi bidrog med ett föredrag om vår pågående behandlingsundersökning: Fluid resuscitation after pulmonary contusion: Rescueflow® vs Ringer's solution.

Projektledaren deltar nu i Sg-BS, Samverkansgruppen för Ballistiska Skydd, som är en samverkansgrupp för i första hand FMV och FOI. Vid gruppen utvidgade möte Sg-BS/Industri i december 2003 presenterades också vår forskning.

6 Diskussion

Det är ett uppenbart problem, när man vill värdera riskerna med BABT, att vi har så lite data från beskjutning av människor. Efter andras och våra studier är det dock uppenbart att ett livshotande tillstånd uppstår till följd av BABT när kroppsskyddets skyddseffekt inte är tillräckliga för inkommande projektil.

2001 finansierade FMV en studie om det så kallade 44-mm-kriteriet. Detta kriterium är ett testkriterium för skyddseffekten hos skyddsvästar, och bygger på att impressionen i modellera bakom skyddet inte skall bli större än 44 mm vid beskjutning. Impressionen, mätt i mm, kallas ibland "traumavärde". Kriteriet utformades för att användas för mjuka skyddsvästar och endast pistolammunition testades. Trots dessa begränsningar har kriteriet levt vidare och kommit att användas även för skydd mot värre hot än det ursprungligen utvecklades för.

Vår studie visade att 44-mm-kriteriet inte kan användas, när man vill ha ett acceptabelt skydd mot automatkarbiner. Även om man har ett skydd som inte perforeras blir skadorna stora och dödligheten var 57% för grisar i 60-kilosklassen, om skyddet tillåter en impression på 41—42 mm.

Inom projektet har vi visat att BABT uppträder även när 60-kilos-grisar, skyddade med komplett skydd (motsvarande m94 med tilläggskydd) beskjuts på nära håll med AK4. Ingen av de beskjutna grisarna dog dock under observationstiden. Man kan inte säga att detta är en acceptabel arbetsmiljörisk, utan i stället bör man arbeta på att öka säkerhetsmarginalen.

Hur sätter man in våra resultat i sammanhanget Försvarsmaktens nuvarande verksamhet? Å ena sidan kan man notera att automatkarbin AK-47, som torde vara det vanligaste hotet vid internationella insatser, ger en lägre projektilenergi än AK4. Å andra sidan kan projektiler med stålkärna ge en svårare situation.

Inom arbetet med att utforma utrustning för ett framtida, svenskt, spetsigare försvar måste man naturligtvis beakta vapenutveckling och trender även inom den "vänligt sinnade" delen av världen. Bl.a finns ju en uppenbar spridning av alla typer av vapen till andra länder och organisationer, även om det sker med viss fördröjning.

Tre, parallella och kombinerbara, utvecklingstrender är:

- Grövre kalibrar, t.ex 8,6 eller 12,7mm prickskyttevapen.
- Hårdare projektiler med ökad förmåga att tränga igenom skydd. Till detta bidrar även den svenska försvarsmakten i stor skala genom övergång till miljöanpassad ammunition (med stålkärna).
- Ökad projektilhastighet (underkalibrerade). Även här deltar Sverige i utvecklingen med vår underkalibrerade prickskytteammunition.

Ökad kunskap om BABT kommer att ha stor betydelse när man skall utveckla skydd mot nya hot och/eller med nya egenskaper, t.ex lägre vikt.

Även under 2004 kommer arbetet att bedrivas som under 2003, arbete på Institution för Verkan och Skydd med Computerman och arbete på enheten för Experimentell Traumatologi med BABT-problematiken. Ett ökande samarbete planeras mellan enheterna, vad avser båda huvudområdena.

Under 2004 avser vi att fokusera på de biologiska verkningsmekanismerna.

Varför blir man så allmänpåverkad av en lokal skada?

- Hur skall man karaktärisera och mäta skyddets skyddseffekt mot BABT-effekter?
- Hur mäter man restvåldet bättre än med modeller?
- Hur påverkas hjärnan?

Ökad kunskap om hur energin överförs till kroppen och de biologiska verkningsmekanismerna är också en nödvändig grund för att kunna formulera säkra och tekniskt tillämpbara skyddskriterier.

Referenser

- Altura BM, Gebrewold A, Burton RW. Reactive hyperemic responses of single arterioles are attenuated markedly after intestinal ischemia, endotoxemia and traumatic shock: possible role of endothelial cells. *Microcirc Endothel Lymph* 2:3 - 14, 1985.
- Axelsson H, Hjelmqvist H, Medin A, Persson JKE, Suneson A. Physiological changes in pigs exposed to a blast wave from a detonating high-explosive charge. *Milit Med* 165:119 -126, 2000.
- Carroll AW & Soderstrom CA. A new nonpenetrating ballistic injury. *Ann Surg* 188:753 - 757, 1978.
- Clemedson C-J. Blast injury. *Physiol Rev* 36:336 - 354, 1956.
- Cramer F, Paster S, Stephenson C. Cerebral injuries due to explosion waves: "cerebral blast concussion". *Arch Neurol Psychiatry* 61:1 - 20, 1949.
- Druckner WR, Chadwick CDJ, Gann DS. Transcapillary refill in hemorrhage and shock. *Arch Surg* 116:1344- 1353, 1981.
- Gryth D, Drobin D, Persson JKE, Hansson S, Olsson L-G5 & Kjellström BT. Medicinsk utvärdering av skadekriterievärdet "44 mm" vad avser inbuktningen av kroppsskydd vid beskjutning med automatkarbin (AK 4) FOI-Memo 02-616, 2002.
- Gustafsson U, Suneson A, Kjellström BT. Effects of peripheral high energy missile trauma on the oxygenation of lung tissue in the pig. *Ann Acad Med* 26:22 - 26, 1997.
- Göransson AM, Ingvar DH, Kutyna F. Remote cerebral effects on EEG in high-energy missile trauma. *J Trauma* 28: 5204 - 205, 1988.
- Liden E, Berlin R, Janzon B, Schantz B, Seeman T. Some observations relating to behindbody armour blunt trauma effects caused by ballistic impact. *J Trauma* 27:S145 - S148, 1988.
- Koblin DD. Inhaled anesthetics - Mechanisms of action. In: Miller RD (editor). *Anesthesia*. Churchill Livingstone, Philadelphia, PA, USA, 2000.
- National Institute of Justice Standard 0101.03: Armor Backing Material. Draft. Department of Justice, Washington, DC, USA, 1999.
- National Institute of Justice Standard 0101.04: Ballistic Resistance of Personal Body Armor. Draft. Department of Justice, Washington, DC, USA, 1999.
- Sarron JC, Destombe C, daCunha MJ, Martinez M, Vassout P, Magnan M. Blessures thoraciques par balle de guerre sous protection balistique individuelle -Etude comparative de trois plaques de protection. PEA-Rapport 980823 DGA/DSP/STTC/DT-SH, NATO Human Factors and Medicine 024 TG-001, Dec. 2000.
- Shaw NA. The neurophysiology of concussion. *Prog. Neurobiol.* 67: 281-344, 2002.
- Smith L. Pulmonary microvascular permeability in sheep. Effects of trauma and sepsis. Doktorsavhandling. Göteborgs Universitet, 1987.