

B. Thomas Kjellström

Årsrapport 2002 för FOI:s forskning inom FoT-området Vapentraumatologi

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Marknadsenheten S-172 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0783--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 8. Människan i totalförsvaret	
	Månad, år Januari 2003	Projektnummer EF001 - 004, E2002
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 82 Vapentraumatologi	
Författare/redaktör B. Thomas Kjellström	Projektledare	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Mårten Risling, Ulf P. Arborelius, Gunnar Wijk	
Rapportens titel Årsrapport 2002 för FOI:s forskning inom FoT-området Vapentraumatologi		
Sammanfattning (högst 200 ord) Under 2002 har forskning bedrivits inom följande försvarsmaktsprojekt: Effekter av vapengenererad energitransmission ffa till centrala nervsystemet, Vapeneffekter på cellnivå, Sårballistik och skydd, Vapeneffekter på människa och Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer. Det sistnämnda projektet är nyttillkommet och har uppstartats under löpande budgetår. Integrationen av teknisk och medicinsk forskning har fortsatt, främst inom Sårballistik och skydd och Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer. Två nya medarbetare har kunnat rekryteras och två doktorander har under året framgångsrikt försvarat sina avhandlingar vid disputation för medicine doktorsgraden vid Karolinska Institutet. Ett antal vetenskapliga artiklar har publicerats och ett antal konferensbidrag har presenterats vid internationella vetenskapliga kongresser. De viktigaste vetenskapliga resultaten har under året varit: 1/ Kartläggandet av betydelsen av t.ex. vascular endothelium growth factor (VEGF) och transportmolekylen GLUT1 m.fl. som indikatorer på skada i nervsystemet. 2/ Påvisandet av att hjärnans elektriska aktivitet, registrerad som EEG, påverkas på ett likartat sätt oavsett om försöksdjuret (råtta, gris) utsätts luftstöt våg, HPM-exponering eller högenergiskott mot skyddsväst (BABT). 3/ Endotelceller som utsätts för HPM uppvisar påverkan på delar av cellskelettet, geometriska formförändringar och påverkan på VEGF 4/ Sövda, spontanandande grisar som utsätts för BABT uppvisar andningsstopp upp till 44 sekunder, lungskador och EEG-påverkan enligt ovan. 5/ Datorsimuleringsprogrammet ComputerMan (framtaget för splitter) kan inte användas för projektiler.		
Nyckelord Vapentraumatologi, sårballistik, sårbarhet, skyddsvästar, tryckvågseffekter, verkansvärdering, undervattensdetonationer, skallskador		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 22 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Programme Office SE-172 90 Stockholm	Report number, ISRN FOI-R--0783--SE	Report type User report
	Research area code 8. Human Systems	
	Month year January 2003	Project no. EF001 - 004, E2002
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 82 Experimental Traumatology	
Author/s (editor/s) B. Thomas Kjellström	Project manager	
	Approved by	
	Sponsoring agency The Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible Mårten Risling, Ulf P. Arborelius, Gunnar Wijk	
Report title (In translation) Annual report 2002 on FOI's research on weapon's traumatology		
Abstract (not more than 200 words) During 2002, the Weapon's Traumatology program has consisted of the following research projects: Effects of weapon generated energy transmission to the central nervous system, Weapon effects on the cellular level, Wound ballistics and human protection, Weapon effects on humans and Biomedical effects of underwater explosions. The last project was commenced during 2002. Integration of biomedicine and technology has continued, especially within the projects Wound ballistics and human protection and Biomedical effects of underwater explosions. Two new staff members have been employed; two Ph.D. students have successfully defended their theses. A number of papers have been published in international journals. Presentations have been given at several scientific meetings, nationally and internationally. Important findings during the year are: 1/ Vascular endothelium growth factor (VEGF) and the transport molecule GLUT1 are indicators of damage to the nervous system. 2/ Similar changes in the brain's electrical activity, recorded as electro-encephalograms (EEG), were seen in experimental animals (rat, swine) after air blast, HPM exposure and behind armour blunt trauma (BABT). 3/ Endothelium in cell cultures showed cytoskeleton changes changes in geometry as well as VEGF expression after HPM exposure. 4/ Anesthetized pigs, breathing spontaneously, developed apnoea (lack of breathing) up to 44 seconds after BABT, as well as damage to the lungs and the EEG changes mentioned above. 5/ The computer simulation program ComputerMan (developed with regard to shrapnel) can not be used to simulate effects of bullets.		
Keywords weapon's traumatology, wound ballistics, human vulnerability, shock wave effects, under water detonations, assessment of human effects, head injury		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 22 p.	
Price acc. to pricelist		

Innehåll

1	FORSKNINGSOMRÅDETS OMFATTNING OCH INRIKTNING	7
2	SAMMANFATTNING AV FORSKNINGSRESULTATEN	8
3	DEN NATIONELLA OCH INTERNATIONELLA UTVECKLINGEN INOM OMRÅDET	10
4	PROJEKTVISA BESKRIVNINGAR AV GENOMFÖRD VERKSAMHET	11
4.1	EFFEKTER AV VAPENGENERERAD ENERGITRANSMISSION FFA TILL CENTRALA NERVSYSTEMET	11
4.2	VAPENEFFEKTER PÅ CELLNIVÅ	13
4.3	SÅRBALLISTIK OCH SKYDD	15
4.5	VAPENEFFEKTER PÅ MÄNNISKA	18
5	RAPPORTER OCH ANNAN KUNSKAPSÖVERFÖRING	20

1 Forskningsområdets omfattning och inriktning

Verksamheten inom FoT-området Vapentraumatologi omfattar för totalförsvaret väsentlig forskning inom områden och frågeställningar, som den medicinska forskningen vid UoH av olika skäl inte arbetar med. Detta kan bero på att ämnet är specifikt försvarsinriktat, kräver ingående miljökunskap, förutsätter intimt samarbete med vapenteknisk expertis eller i vissa fall att sekretess skapar problem vid samverkan med forskare nationellt och internationellt. I dagsläget bedrivs dessutom traumaforskning som sådan endast i ringa omfattning vid UoH.

FOI:s Institution för Försvarsmedicin, av vilken den vapentraumatologiska forskningen utgör en del, har under 2002 organisatoriskt kommit att tillföras Avdelningen för NBC-Skydd.

Inom FoT-området har under året integrationen av den tekniska och medicinska forskningen fortsatt, fr.a. inom projekten "Sårballistik och skydd" samt det nystartade "Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer". På FoT-gruppens initiativ har dessutom en referensgrupp för vardera av de ovan nämnda projekten bildats: "referensgrupp kroppsskydd" respektive "referensgrupp undervattensdetonationer". Dessa referensgrupper, bestående av representanter från FM, FMV & FOI, har sammanträtt vid ett par tillfällen per termin under 2002 och har haft stor betydelse för planeringen av verksamheten inom respektive projekt på en mera operativ nivå än själva FoT-processen.

Den vapentraumatologiska forskningen bedrivs fortfarande inom en mycket begränsad ekonomisk ram. Genom marknadsföringsinsatser har dock en del mindre beställningar från kunder utom FM (FMV, RPS, industrin) kunnat tillföras. Dessa har

dock endast rört sig om mindre belopp och det hela sammantaget har de ekonomiska ramarna för verksamheten ökat endast marginellt sedan föregående budgetår.

Inom FoT-området har, enligt kundens (FM) önskemål, en omfördelning av medel skett under innevarande budgetår, i så mot- to att medel har överförts från projektet "Vapeneffekter på människa" för att kunna tidigare lägga uppstarten av projektet "Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer."

Arbetet i de tidigare nämnda referensgrupperna har bidragit till att ytterligare närma forskningen mot kundens problem och till förbättrad och anpassad kunskapsavtappning. Som ett led i sådan anpassad kunskapsavtappning har regelbundna kvartalsrapporteringar till kunden, såväl muntliga som skriftliga, genomförts även under 2002. Kontaktnätet mot FM och FMV har utvecklats ytterligare. Nya kontakter har skapats mot andra myndigheter, såsom RPS och KBM, men även mot internationella aktörer, t.ex. WEAG och NATO (fr.a. HFM-panelen).

Samarbetet med forskare vid olika universitetsinstitutioner har fortsatt och även utökats. Så har t.ex. forskningsområdesföreträdaren hedrats med uppdrag som ledamot av betygsnämnd vid disputation vid Karolinska Institutet. Vederbörande har också under året varit mötespresident för ett internationellt möte om "konstgjort blod". Två doktorander som handletts av forskare inom enheten har under året disputerat vid Karolinska Institutet för medicine doktorsgraden.

Två nya medarbetare har kunnat rekryteras till experimentell traumatologi; en forskare med huvudinriktningen biomekanik samt en biomedicinsk analytiker. Detta har till delar kunnat kompensera för att en seniorforskare vid gruppen alltmör övergått till

överordnade, administrativa arbetsuppgifter.

Ett övergripande mål för den vapentraumatologiska forskningen vid FOI är att utveckla och fördjupa kunskapen om effekter av vapen på människan, både som användare (säkerhetsaspekter) och som offer för bekämpning. Genom experimentella undersökningar, effektvärderingar, modellering, simulering, riskbedömningar, internationell kunskapsbevakning och kunskapsavtappning byggs en kunskapsbank upp som en grund för rådgivning till totalförsvarets olika myndigheter och andra intressenter. Beredskap upprätthålles för att kunna bistå andra myndigheter med experthjälp vad gäller nya hot (ex. vis terrorism), nya verkansformer (t.ex. icke letala vapen) och nya former av vapen användning, även i ett folkrättsligt perspektiv.

Inom FoT-området har även under 2002 följande metodologiska huvudlinjer följts:
Djurexperimentell verksamhet
Cellbiologisk forskning
Nyttjande av simuleringsmaterial för biologisk vävnad
Matematiska beräkningsmodeller

Den forskningsstrategiskt viktiga inriktningen mot verkan på människa av fr.a. mikrovågsvapen (HPM) men även i viss mån akustiska vapen har fortsatt. Så har även forskningen kring konventionella vapeneffekter, t.ex. luftburen stötvåg. Ökad fokusering har dessutom skett på problematiken kring Behind Armour Blunt Trauma (BABT). Ett nystartat projekt, "biomedicinska effekter av undervattensdetonationer", har tillkommit. Aktiviteten inom projektet "vapeneffekter på människa" har på kundens begäran, efter omförhandling i motsvarande grad reducerats.

Forskningsområdet har tydliga beröringspunkter med FoT-områdena 6 (MSI med Fysiologi), 10 (Vapen och skydd) och 26

(NBC-studier). Det tangerar också FoT-områdena 9 (Undervattenssensorer och -vapen) och 16 (Telekrig).

2 Sammanfattning av forskningsresultaten

Effekter av vapengenererad energitransmission ffa till centrala nervsystemet: Hos försöksråttor som exponerats för luftburen stötvåg ökar, i centrala nervsystemet (CNS = hjärna och ryggmärg), tillväxtfaktorn för blodkärl "Vascular Endothelium Growth Factor" (VEGF) 3 – 4 dygn efter skada på nervvävnaden. Denna ökning medieras i sin tur genom prostaglandinvarianten PGF-2-alfa, men även den syrebristrelaterade tillväxtfaktorn HIF-1-alfa. I detta sammanhang synes de s.k. endotelcellerna (EC), d.v.s. de celler som utkläder den inre mantelytan i alla blodkärl, vara av stor betydelse. Sålunda induceras snabbt tre olika receptorer för VEGF på endotelcellernas yta. Såväl i CNS som i perifera nervsystemet (PNS) finns i blodkärlen ett antal olika transportsystem som förser nervvävnaden med viktiga ämnen. En sådan transportmolekyl är GLUT1. Denna förändras vid skador i såväl CNS som PNS.

De biologiska effekterna av de ovan nämnda, påvisade förändringarna är i nuläget endast delvis kända. Dock är det synnerligen betydelsefullt att man kan använda de beskrivna molekyllära förändringarna som känsliga *markörer* för skador inom CNS och PNS.

Luftburen stötvåg och exponering för HPM har på försöksråttor visat sig ge upphov till likartade förändringar i hjärnans elektriska aktivitet, registrerad med elektroencefalogram (EEG). Dessa förändringar utgörs bl.a. av undertryckande av EEG-aktiviteten och liknar vad som även registrerats hos försöksgrisar som iförda skyddsväst utsatts för skottskada mot bröstskogen (BABT); se nedan.

Vapeneffekter på cellnivå: I cellkulturer med odlade EC som utsatts för stötvåg och kavitation har, förutom normal, programmerad celldöd (apoptos) även abnorm celldöd (nekros) påvisats. Vidare inducerades olika s.k. adhesionsmolekyler på cellytan. Dessa molekyler lockar till sig vita blodkroppar, som i sin tur aktiveras och startar inflammationsreaktioner. Dessutom förändrades en komponent i cellskelettet, proteinet actin.

Dessa förändringar hos EC skulle i den intakta organismen (försöksdjuret eller människan/soldaten) kunna medföra blodproppsbildning, utträde av vätska ur blodkärlen (= vävnadssvullnad) och icke ändamålsenliga inflammatoriska reaktioner. Liknande förändringar sågs vid obduktion av soldater som i Vietnamkriget avlidit i s.k. "DaNang-lunga". En hypotes är att detta och liknande tillstånd skulle kunna utlösas av stötvågor som på motsvarande sätt skadar EC i de finaste hårkärlen (kapillärerna) i olika organ, t.ex. lungorna.

EC som utsattes för HPM uppvisade skador (depolymerisering) av cellskelettprotein tubulin, som är av betydelse för celledelningen och transporten av olika komponenter inne i cellen. Dessa celler uppvisade dessutom formförändringar vid elektronmikroskopi. Även här har förändringar i VEGF påvisats. Liknande fynd har även setts hos en helt annan celltyp, neuroblastomceller, med ursprung i CNS.

Sårballistik och skydd: Spontanandande grisar, försedda med skyddsvästsegment med keramplatta över bröstkorgen, som utsattes för BABT (Ak 4, 7,62 mm NATO-ammunition, skothåll 10 meter) uppvisade EEG-förändringar motsvarande någon till några minuters medvetslöshet. Detta motsvarar inkapacitering under minst lika lång tid och sannolikt även under en viss tidsrymd efter det att medvetandet återvänt. En liknande reaktion kan förväntas hos männi-

skan/soldaten i motsvarande situation. Dessutom förekom påverkan på syresättning och central cirkulation. Alla beskjutna grisar uppvisade andningsstopp under upp till 44 sekunder efter skott och vid den efterföljande obduktionen blödningar och vävnadsskador i lungorna. Hos en på motsvarande sätt skadad människa, skulle denna skada medföra behov av sjukhusvård.

Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer: Detta projekt startade under september 2002. Litteratursökning inom området har skett, litteraturgenomgång har påbörjats och dessutom har en försöksapparat för exponering av försöksråttor för undervattensstötvågor (c:a 100 kPa) konstruerats. Inga försök har ännu hunnit genomföras.

Vapeneffekter på människa: Projektilin-trängning i gelatin är representativ för in-trängning i levande biologisk materia. Detta gäller inte för vittnesplåtpaket. Resultat från gelatin visar att datorsimuleringsprogrammet ComputerMan inte kan användas för verkansvärdering avseende projektiler. ComputerMan har i själva verket framtagits för splitterverkan.

Resultaten från numerisk simulering av ljudtryck kring vapen är sannolikt realistiska, men hämmas av svårigheter att bestämma relevanta begynnelse- och randvillkor vid eldrörsmyningen.

Underlag behövs bl. a. för att kunna utveckla modeller av människan som komponent i verkansvärderingsprogram. Analys av underlag och metoder som används i sådana verkansvärderingsprogram har under året genomförts.

3 Den nationella och internationella utvecklingen inom området

Även under 2002 har den globala terrorismen fortsatt att kräva sin tribut, såväl i dödsoffer som i mer eller mindre svårt skadade och lemlästade framförallt civila. Det är bl.a. i sken av ovanstående, som på nationell basis, inrättandet av den nya Krisberedskapsmyndigheten (KBM) skall ses. De personskador som ses vid olika terroristaktioner – splitterskador, andra projektilskador, stötvågsskador från detonationer av olika slag och svåra mjukdelsskador/frakturor p.g.a. sammanfallande byggnader etc. ligger väl inom forskningsverksamheten inom FoT-området.

Skadeutfallet i olika väpnade konflikter fortsätter att bli allt mera komplicerat och svårförutsägbart. Man kan dock konstatera att världen över präglas vardagen av lokala konflikter där huvudsakligen konventionella vapen kommer till användning. Tillgången av sådana vapen är så stor att direkta och indirekta effekter av dessa kommer att orsaka en dominerande andel av skadeutfallet under överskådlig tid. Inget påtagligt ökat intresset för omhändertagande och behandling av vapenskadade har kunnat konstateras hos civil sjukvårdspersonal, vilket medför risk för kunskapsstagnation. Forskningen inom det vapentraumatologiska området ligger fortfarande, såväl nationellt som internationellt, på en låg nivå att döma av antalet originalarbeten publicerade i vetenskapliga tidskrifter.

Alltfler internationella insatser av fredsbevarande och fredsframkallande slag genomförs. Därvid eftersträvar de medverkande nationerna starkt att minimera antalet skadade och döda bland de involverade. Detta har medfört att man internationellt kan se ett ökat intresse för att med

lämpliga forskningsinsatser kartlägga de medicinska effekterna av att använda olika former av personligt och kollektivt skydd, och även att skapa underlag för dimensionering av skydd som ger tillräcklig effekt. En drivande europeisk aktör på detta område har varit NATO:s TG HFM-001 (TG BABT). Denna task group har, enligt plan, upphört under året. Huruvida delar av densamma kommer att fortsätta sin verksamhet i andra former, är i skrivandets stund oklart.

Inom alla sjukvårdsorganisationer tillämpas fortfarande traditionella, vedertagna principer för omhändertagande och behandling av vapenskadade. Klinisk forskning för att utveckla nya behandlingsprinciper saknas i stort sett. De på senare tid genomförda terroristaktionerna har emellertid visat hur svårhanterade massskadesituationer kan kräva nya metoder för medicinskt skydd och omhändertagande. Detta kommer på sikt att medföra behov av nya och innovativa forskningsinsatser.

Trots stor tillgång till traditionella vapen pågår internationellt en omfattande utveckling av nya vapensystem. En ny hotbild målas också upp med bl.a. det digitala slagfältet och framtagandet av "icke dödliga vapen". Akustiska vapen med infraljud eller sonisk energi, elektromagnetiska vapen som HPM eller NNEMP, eller partikelstrålvapen är idag realiteter på laboratorienivå. Indikationer finns dessutom på att vissa sådana vapensystem redan har tagits i bruk på fältet. I utvecklingen av dessa vapen har teknologiska aspekter dominerat och medicinsk kunskap om effekterna saknas i stort. Skadeprocesserna på mänskliga celler av dessa energiprocesser antas av vissa forskare kunna vara desamma eller likartade som de som uppkommer av tryckvågor från konventionella vapen. Huruvida det är så saknar man dock empiriskt grundad kunskap om. Möjligen är det också så att nervsystemet kan misstänkas vara särskilt känsligt för dessa nya typer av va-

peneffekter. Endast ett fåtal forskningsgrupper har börjat ägna dessa nya verkansformer ett mera ingående intresse.

4 Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet

4.1 Effekter av vapengenererad energitransmission ffa till centrala nervsystemet

(E5053)

Projektledare: Mårten Risling

FOI NBC-Skydd

4.1.1 Behandlade frågor/forskningsmål

Projektets mål är att undersöka hur den levande organismen påverkas av högenergetisk energitransmission, med särskild inriktning på att klarlägga om neurologiska skador kan orsakas av tryck-/stötvågor och impulsljud. Dessa kunskaper avses kunna användas för att bl.a. göra riskbedömningar kring explosioner i luft (fritt eller i vapensystem ="tryck kring vapen") eller vid projektilträff.

I ett delprojekt undersökes om hjärnans nervceller och andra celltyper i nervsystemet påverkas och om upprepade belastningar förvärrar skadan.

I ett andra delprojekt fokuseras uppmärksamheten på effekter av impulsljud på hörselorganet. Dock har verksamheten inom detta delområde hämmats av att samarbetsparten på Karolinska Institutet under året tvingats byta lokaler vid två tillfällen

Ett tredje problemområde som studeras är eventuella effekter av HPM (High Power Microwaves) på nervsystemet.

4.1.2 Genomförda aktiviteter

Laboratoriets breddade arsenal av morfologiska tekniker (*in situ*-hybridisering, elektronmikroskopi, immunohistokemi samt proteinseparationsmetodik) har förfinats och konsoliderats under året. I samarbete med Karolinska Institutet har MR-analyser

("magnetrontgen") och studier av beteendeförändringar hos försöksdjur (råttor) som exponerats för stötvågor genomförts. Vidare har s. k. microarrayanalyser genomförts.

Även under 2002 har extern finansiering kunnat erhållas av den grundvetenskapligt inriktade forskningen som bedrivs för att säkra kvalitet och kompetens inom den neurotraumatologiska forskningsgruppen. Finansieringen för detta har kommit i första hand från Vetenskapsrådet (VR, f.d. bl.a. MFR) och Marcus och Amalia Wallenbergs stiftelse. Betydelsefullt stöd från internationella stiftelser med inriktning på ryggmärgsskador, som ISRT, har varit ett viktigt inslag i finansieringen.

En doktorand, som har varit knuten till den neurotraumatologiska gruppen, har under året disputerat för medicine doktorsgraden. Ytterligare två doktorander är helt eller delvis knutna till neurotraumaverksamheten vid enheten för experimentell traumatologi. Dessa doktorander är registrerade vid institutionen för neurovetenskap vid Karolinska Institutet. FOI:s neurotraumagrupp har under året, främst i samarbete med Karolinska Institutet, publicerat ett tiotal vetenskapliga original- eller översiktsartiklar i internationella tidskrifter samt presenterat tre bidrag vid en internationell neurovetenskaplig konferens. Projektledaren har även haft uppdrag som opponent vid en disputation vid Linköpings universitet.

Under året har flera försöksserier med inriktning på problematiken kring tryck/stötvågor genomförts. Försöksutrustningen ger med användande av ett ickeelektriskt tändsystem mycket reproducerbara luftburna stötvågor. Vävnad från de försöksråttor som exponerats för sådan stötvåg har tagits tillvara för mikroskopiska analyser. Dessutom har den elektriska aktiviteten från hjärnan registrerats med elektrofysiologisk metodik (EEG-registrering) i samband med

stötstågsexponering. Syftet med detta har varit att hitta kliniskt användbara metoder att utvärdera hjärnpåverkan efter stötstågsexponering. Med samma syfte har andra råttor undersökts med stöd av MRcentrum vid Karolinska sjukhuset (där det finns en MRkamera som är direkt anpassad för försöksdjur) och beteendestudier i syfte att finna kliniskt använda kriterier för bedömning av stötstågstrauma.

Utrustningen för HPM-studier har vidare utvecklats i samverkan med expertis vid andra delar av FOI, FMV samt Lunds universitet. Denna utrustning medger exponering av såväl försöksdjur som cellkulturer. Efter ombyggnad av utrustningen (användande av en mindre kammare och vågledarmetodik) har det gått att öka fältstyrkan vid HPM-exponering ca. 20 gånger. Försöksråttor, råttfoster och cellkulturer har exponerats och preparerats för mikroskopiska undersökningar. En serie vuxna råttor har genomgått EEG analys efter HPM exponering.

4.1.3 Framkomna resultat/slutsatser

Ytterligare resultat som belyser komplexiteten i nervsystemets och dess olika celltypers reaktioner på trauma (jmf. avsnitt 4.1.3 i Årsrapport 2002) har framkommit.

I en studie påvisades bildningen av en tillväxtfaktor för blodkärl, VEGF. mRNA för denna faktor ökar i skadad CNS-vävnad inom ett dygn efter skada. Inom 3-4 dagar kan själva proteinet VEGF påvisas. VEGF förefaller att vara av betydelse för såväl kärlnybildning som blodkärlens permeabilitet (tendens att läcka till omgivningen). VEGF induceras genom förekomst av inflammatoriska produkter, som t.ex. vissa typer av prostaglandiner. Under året har det vid enheten för experimentell traumatologi gjorts en del intressanta observationer kring hur en syrebristrelaterad tillväxtfaktor (HIF-1-alfa) kan spela en viktig roll för bildningen av VEGF. Tre olika receptorer för VEGF induceras snabbt i blodkärlens

så kallade endotelceller och kan också fungera som ett känsligt tecken på skada.

Blodkärlen i CNS och PNS är normalt försedda med speciella transportsystem för att säkerställa tillförseln av för nervcellerna viktiga substanser. GLUT1 är en transportmolekyl för glukos. I en studie har vi påvisat hur förekomsten av GLUT1 förändras på olika sätt efter skador i CNS och PNS.

I en annan studie påvisades depositionen av matrixmolekyler i tenascinfamiljen efter CNS-skada. I ytterligare en annan vetenskaplig artikel beskrevs hur receptorer för matrixmolekyler, s.k. integriner, i nervceller förändras på olika sätt efter skador i CNS och PNS. Dessa ovannämnda molekyler ingår nu i den uppsättning av markörer som analyseras i våra modeller för stötstågstrauma och HPM-exponering.

Stötstågsexponering leder till omfattande EEG förändringar. Generellt ses en minskning av del elektriska aktiviteten. Denna förändrings storlek och varaktighet är dosberoende. En kraftigare stötståg leder till mer omfattande förändringar och längden på den period där minskad aktivitet kan ses blir längre. Exponering för flera stötståg med kort tids mellanrum medför på samma sätt mer uttalade förändringar av den elektriska aktiviteten i hjärnan.

Dessa försök kommer närmast att kompletteras med bestämning av S-100 protein i blod och microarray-analys (en molekylärbiologisk metod som medger samtidig analys av flera hundra geners uttryck) av hjärnvävnad. Vidare pågår motsvarande analyser av innerörat efter stötstågsexponering.

En nedpressning av EEG-mönstret, som påminner om vad som observerats efter exponering för stötståg, har dessutom kunnat påvisas hos försöksråttor efter exponering för HPM-pulståg (15 minuter, 21,7 kV/m).

Fortsatta exponeringar av cellkulturer för HPM vid olika fältstyrkor har också genomförts.

4.2.3 Framkomna resultat/slutsatser

I EC som med flyerplate-modellen utsatts för stötvåg och kavitation åstadkom stötvågor lindrig skada på cellmembranen. Om även kavitation förekom, blev skadan svårare: kraftigare cellmembranskada, celldöd och –förlust i ett dos-responsförhållande.

Med immunocytochemisk teknik har följande förändringar påvisats i den zon som innehåller skadade, men levande celler:

Förutom normalt förekommande celler som dör i apoptos (programmerad celldöd), har även celldöd genom nekros (abnorm celldöd) inducerats.

Induktion av adhesionsmolekylerna p-selektin, e-selektion och ICAM-1 sker, i denna ordningsföljd, på cellytan.

Cellskelettproteinet actin (som svarar för cellernas förmåga att röra sig, ändra form och vidhäfta vid underlaget) omvandlas från "dense peripheral bands" till "stress-fibrer".

Cellskelettproteinet tubulin (som är av betydelse för bl.a. celldelningen) depolymeriserades (bröts ned) liksom cellskelettproteinet vimentin (som bl.a. svarar för cellens förmåga att emotstå yttre mekanisk påverkan).

Läkningen av ett EC-lager som skadats med flyer-platmodellen (stötvåg + kavitation) är försämrad jämfört med vanlig mekanisk skada.

I en *in vivo* situation skulle de ovan nämnda förändringarna på cellulär/subcellulär nivå bl.a. medföra att i endotellagret i t.ex. en kapillär, skulle vissa celler dö och försvinna samtidigt som andra genom uttryck av adhesionsmolekyler, som är specifika för vita blodkroppar, skulle draga sådana till sig. Dessa förändringar skulle kunna leda till blodproppsbildning respektive att vita blodkroppar fastnar vid kärlväggen och aktiveras, något som i sin tur kan ge

upphov till en i sammanhanget oönskad inflammatorisk reaktion.

Att actinet ändrar form från täta band runt cellens periferi till längsgående fibrer i cellens längsriktning är ett tecken på att cellen "kämpar" för att hålla sig kvar vid underlaget, men medför också att läckage av vatten, salter och olika molekyler mellan cellerna ut i omgivande vävnad kan ske.

Detta är mycket intressanta fynd, speciellt med hänsyn till den generella organsvikt som kan ses efter trauma, s.k. MOF ("multiple organ failure") eller den isolerade lungsvikt som sågs hos soldater i Vietnamkriget ("DaNang-lunga", "Vietnam-lunga" etc.). Obduktionsbilden i dessa fall visar en kombination av vätskeläckage, inflammation och blodproppsbildning i hårkärlen (kapillärerna) i lungorna.

En hypotes, byggd på ovanstående data, kan alltså vara att en stötvåg från en explosion eller en träff med högenergiprojektil fortplantas genom kroppen och vid gränssnitt mellan vävnader med olika täthet, t.ex. gränsen mellan kärlvägg och cirkulerande blod, som utgörs av endotellagret, utlöser kavitation. Denna kavitation skadar EC enligt fynden ovan och utlöser i sin tur den kaskad av händelser som leder till just ökat läckage + blodproppsbildning + inflammation och i slutändan rent av den skadades död.

EC som utsatts för HPM-exponering (fältstyrka 1-21 kV/m) uppvisade efter 15 minuter en depolymerisering (nedbrytning) av cellskelettproteinet tubulin. Denna depolymerisering hade efter 24 timmar till stora delar normaliserats. Förändringen har gått att bekräfta med immunblot-teknik (s.k. Western blot). Tubulin är av betydelse för cellernas delningsförmåga men även för den intracellulära transporten av olika subcellulära komponenter. Inga förändringar sågs vad gäller cellskelettproteinet vimentin, som utgör cellens inre struktur för bibehållande av konfiguration och orienter-

ing i rummet. Vimentin är f.ö. också av betydelse för cellens förmåga att emotstå yttre mekanisk påverkan.

Inga förändringar sågs heller i cellkulturernas grovmorfologi. Celler som preparerats för elektronmikroskopisk undersökning uppvisade dock vissa formförändringar (t.ex. minskad tjocklek) som kan tänkas vara relaterade till depolymeriseringen av tubulinet. Såväl neuroblastomceller som endotelceller har uppvisat en del intressanta förändringar i mängden av den kärlrelaterade tillväxtfaktorn VEGF. Försök med syfte att säkerställa denna observation pågår.

4.2.4 Kunskapsspridning

Redovisning av uppnådda resultat och passerade milstolpar har skett vid kvartalsvis återkommande avtappningskonferenser med representanter för kunden närvarande, t.ex. GL och C FoT-grupp Vapentraumatologi.

Skriftliga redovisningar har skett i kvartalsvis utgivna lägesrapporter (FOI Memo). Föredrag etc. har hållits gentemot det internationella vetenskapssamfundet, v.g. se prestationsbilagan. Vetenskapliga artiklar har publicerats i internationella tidskrifter med referee-system. Den ovan nämnda doktorsavhandlingen utgör ett annat exempel på såväl kunskapsspridning som kvalitetssäkring.

4.2.5 Nytta/effekter för Försvarsmakten

Ökad förståelse för skademekanismerna på organ-, cell-, subcellulär och molekylär nivå vad gäller såväl stötvågor och kavitation som icke-termiska effekter av HPM är av grundläggande betydelse för att på sikt kunna utveckla bättre och effektivare skydd mot och behandlingsmetoder för inträffad skada. Detta gäller inte minst s.k. icke dödliga vapen, där HPM kan tänkas vara en verkansform, men även olika former av stötvågor (t.ex. vortexvapen) kan orsaka allvarliga skador.

4.2.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Samarbete inom CEPA-1 alternativt WEAG inleddes i slutet av 2002. Förhandlingar pågår med USA om samarbete. Enheten medverkar i NATO HFM 073 (human effects of non-lethal weapons).

4.2.7 Fortsättning

År 2003 är slutår för projektet i dess nuvarande form.

4.3 Sårballistik och skydd

(EF 001)

Projektledare: Ulf P. Arborelius

FOI NBC-Skydd

4.3.1 Behandlade frågor/forskningsmål

Projektets avsikt är att belysa vilken skyddseffekt olika former av kroppsburna ballistiska skydd har. Den centrala frågan i projektets nuvarande fas är: Hur skadligt är restvåldet (BABT - Behind Armour Blunt Trauma) bakom en skyddsväst, vid beskjutning med högenergivapen, och hur kan skyddseffekten ökas.

Även om projektilen stoppas av skyddet överförs energi till underliggande vävnad och skador kan uppstå. Tidigare har bl.a. påverkan på centrala nervsystemet noterats, liksom blödningar i lungan och en påverkan på andning och cirkulation. Uppenbarligen spelar kroppsvikten in - lättare individer uppvisar större skador och tyngre individer mindre skador.

För att rätt skydds- och behandlingsåtgärder skall kunna insättas är det önskvärt att man kan få mer kunskap om verkningsmekanismerna.

Under år 2002 har vi studerat skyddseffekten av komplett skyddsväst med keramiskt förstärkningsskydd samt om spontanandningen påverkas av våldet.

4.3.2 Genomförda aktiviteter

Den av FoT-gruppen tillsatta "referensgrupp skyddsväst" har inlett sitt arbete under året och projektledaren har deltagit i gruppens arbete. I gruppen har projektets inriktning diskuterats. Gruppen erbjuder bl.a. informationsutbyte mellan FOI, FMV och FM kring personliga skydd.

En serie experiment har genomförts. Grisar, 50-70 kg, har sövts, iförts en skyddsvästsektion, som motsvarar komplett skyddsväst med förstärkningsskydd (keram), och beskjutits (Ak 4) med standard Nato 7,62 mm blykärnekulor på 10 m avstånd.

Nytt för denna serie var att grisarna inte fick mekanisk andningshjälp, som i tidigare serier. Denna förändring infördes för att utröna om våldet, som uppenbarligen ger en påverkan på grisen, skulle få den att sluta andas.

I övrigt registrerade ett stort antal cirkulations- och andningsparametrar samt registrerade hjärnans tillstånd med EEG.

Under experimentarbetet har också ny personal inskolats.

Den internationella verksamheten, inom denna sektor, har studerats på kongressen Personal Armour Systems Symposium (Haag, november) och vissa möjligheter till internationellt samarbete dryftades även där.

Formalitetserna kring registreringen av en doktorand som arbetar inom projektet pågår.

4.3.3 Framkomna resultat/slutsatser

I den aktuella serien har totalt 21 djur använts. Tre av dessa ansågs vara underviktiga (< 50 kg). Av resterande 18 djur beskjöts 10 med skarpt och 8 med löst skott (kontroller).

Alla 18 djur överlevde två timmar efter skott.

Av de 10 med skarpt skott beskjutna djuren hade:

- 10 en avgränsad skada i ena lungan (lungkontusion med hematoma).
- 10 andningsuppehåll mellan 6 och 44 sekunder (medelvärde 22 sek).
- 2 hjärnpåverkan som upphör inom några minuter som kan tolkas som "medvetlöshet av varierande längd (minuter - timmar). Militärt inkapaciterad. Kräver sjukhusvård, eventuellt intensivvård".
- 7 (= alla resterande, ett djur bortföll p.g.a. tekniska problem vid mätningen) kortvarig hjärnpåverkan som upphör inom maximalt någon minut och som motsvarar "Kortvarig, någon till några minuter, medvetandepåverkan eller medvetlöshet, under vilken tid soldaten torde vara inkapaciterad. Ev. sjukvårdskrävande."

Därutöver har ett antal fysiologiska parametrar registrerats som visar på en måttlig påverkan på syresättning och central cirkulation.

En gris som vägde 45 kg dog snabbt och en gris som vägde 49 kg fick en lungblödning men överlevde.

Motsvarande skada på en soldat iförd liknande kroppsskydd bedöms leda till inkapacitering under ett antal minuter. Därefter hade dessutom sjukhusvård krävts under minst ett dygn.

4.3.4 Kunskapsspridning

Information om resultaten har redovisats på kvartalsmöten och i skriftlig form i kvartalsrapporterna (FOI Memo) samt vid möten i referensgrupp kroppsskydd.

4.3.5 Nytt/effekter för Försvarmakten

Bärande av kroppsskydd är regel vid internationella operationer. Betydelsen av ev. restverkan "bakom" sådana skydd har diskuterats under lång tid och under ett antal år har det funnits en Nato-task group (HFM TG-001) för att belysa dessa frågor. Ökade kunskaper om olika kroppsskydds effekter på såväl funktionella som anatomi-

miska följder av beskjutning med olika projektiler och ammunitionstyper kan vara av stor betydelse både ur taktiskt-operativa och sjukvårdsmässiga synvinklar.

4.3.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Internationellt samarbete med NATO TG-BABT (TG HFM 001) inom ramen för Pfp.

4.3.7 Fortsättning

Fortsatta djurförsök (gris) där objektet ifört skyddsväst utsätts för beskjutning under registrering av olika fysiologiska parametrar och anatomiska skador. Alternativa skyddsväststyper och ammunitionsdito kan komma att användas.

Vi avser också att studera om livet på individer med livshotande BABT-skada kan räddas med aktiv behandling. En sådan skada kan åstadkommas genom att skjuta på gris endast skyddad av ett polyetenbase-rat tillägsskydd. T.ex. kan assisterad andning, syrgas och olika typer av intravenöst tillförda vätskor (ex. vis Rescue-flow®, som i dag är standardbehandling inom FM:s sjukvårdsförband vid t.ex. skadeshock med blödning) användas.

Det är viktigt att också studera verkningsmekanismerna för BABT-våldet. Detta kan ske genom t.ex. tryckmätningar i bröst-korg, centrala kärl och i kraniet. Metodologiskt skiljer sig dessa tryckmätningar från dem som vi gör idag, eftersom man i detta fall vill mäta mycket snabba förlopp. Ett sätt att studera om en shock-verkan förmedlas via till-ledande ("afferenta") nerver kan vara att blockera en eller flera sådana nerver (fr.a. tionde hjärnnerven, nervus vagus).

Med hjälp av personal från FOI:s Avdelning för Vapen och Skydd (VoS) kommer vi att inleda arbetet med att analysera de tekniska sambanden mellan egenskaperna hos inkommande projektil, tillägsskydd, skyddsväv och restvåld bakom plattan. Vi

önskar både teoretiska modeller för interaktionen och metoder för att mäta skyddseffekten av olika kombinationer av skydd.

4.4 Biomedicinska effekter av undervattensdetonationer

(EF 004)

Projektledare: Ulf P. Arborelius
FOI NBC-Skydd

4.4.1 Behandlade frågor/forskningsmål

Projektets målsättning är att belysa de biomedicinska effekterna av undervattensdetonation med syfte att skapa underlag för fastställande av säkerhetsnivåer.

Projektets första stadium är inriktat på att åstadkomma en experimentell modell för att studera inverkan av stötvågor, under vatten, på i första hand centrala nervsystemet och i andra hand på hörselorganen. Detta område har tidigare studerats i mycket liten omfattning, i motsats till inverkan på buk- och bröstorgan.

Experimentmodellen måste innehålla:

- En anordning för att åstadkomma adekvat stötvågsbelastning under vatten.
- Adekvat val av försöksdjur och metod för att söva och placera detta under vatten.
- Mätmetoder för att registrera de biologiska effekterna av stötvågen.

4.4.2 Genomförda aktiviteter

Projektet har beretts under 2002. Forskningsplanen har godkänts och resurstilldelning har skett under hösten 2002, varefter projektet omedelbart startats.

Inriktningen på projektet har diskuterats i den referensgrupp undervattensdetonationer som skapats av FoT-gruppen och planerats i samverkan med expertis på under-

vattensstöt vågor på FOI:s avdelning för Vapen och Skydd (VoS).

Litteratursökning inom området har skett och genomgången börjat. En anordning för att generera undervattensstöt vågor på c:a 100 kPa har konstruerats och byggts.

Formerna för hur råttor skall kunna utsättas för stöt vågor under vatten, utan att utsättas för obehag, har utretts i samarbete med veterinärmedicinsk expertis och forskningsetiskt tillstånd har sökts.

De första pilotförsöken kommer att ske under december under förutsättning att ovan nämnda etiska tillstånd beviljats tills dess. Försök kommer då att göras att registrera EEG under stöt vågsbelastningen och att studera vilket utfall man får med immunohistokemiska analyser av hjärnvävnad.

4.4.3 Framkomna resultat/slutsatser
Inga resultat föreligger ännu.

4.4.4 Kunskapsspridning
Har inte hunnit bli aktuellt. Projektet har dock diskuterats i ovan nämnda referensgrupp och dess status avrapporterats vid de kvartalsvisa avtappningsmötena under hösten 2002.

4.4.5 Nyta/effekter för Försvarsmakten
Genom att mekanismer och skadenivåer för oskyddade människor exponerade, i vatten, för undervattensdetonationer klarläggs bidrar man till att de skyddsområden som används när risk för sprängning av undervattensladdningar kan göras så små, men ändå tillförlitliga, som möjligt.

En ökad kunskap om hur tryckvågor överförs till kroppen, förs vidare genom olika vävnader, interagerar med dessa vävnader och vilka patofysiologiska verkningar detta har förväntas vara till nytta för alla försvarsgrenar och andra försvarsmedicinska frågeställningar.

4.4.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete
Har inte hunnit aktualiseras.

4.4.7 Fortsättning
Pilotförsöken 2002 följs av produktionsexperiment under 2003 för att studera inverkan av en enkel, vattenburen stöt våg på hjärnan. Vi avser att registrera EEG och (under förutsättning att överlevnadsexperiment kan utföras) immunohistokemiska analyser av hjärnvävnad. Skador på innerörat kommer också att studeras histologiskt.

Parallellt kommer, i samarbete med avdelningen för VoS, arbete ske med utveckling av en simuleringsmodell, med vilken vi avser att studera energiupptag i olika organ, i första hand hjärnan.

Vi planerar även att ta hjälp av VoS för att bygga en anordning för att belasta råttor med mer komplexa undervattenstryckvågor, testa denna utrustning tekniskt, och inleda planeringen av hur den skall användas i fortsatta försök med råttor. Anordningen kommer troligen att baseras på en Terfenol-svängare (en anordning för genererande av väldefinierade stöt vågor), vilket ger möjligheter att detaljstyra tryckförloppet.

4.5 Vapeneffekter på människa (E 2002)

Projektledare: Gunnar Wijk,
FOI Vapen och skydd

4.5.1 Behandlade frågor/forskningsmål
Projektets syfte är utveckling av nya och vidareutveckling av befintliga metoder och modeller för värdering av effekter av konventionella vapen på människa.

Behandlade frågor är:

1. inträngning av projektiler och splitter i simulerade biologiska material (gelatin),

2. inträngning i vittnesplåtpaket som mått på utslagningsannolikhet,

3. utvärdering av datorprogrammet ComputerMan från ARL,

4. numerisk simulering av ljudtryck kring vapen.

Projektet är både kunskapsuppbyggande och –avtappande, varvid avtappningen i första hand riktas mot FM datorprogram AVAL för värdering av verkan och sårbarhet för personal i plattformar (stridsfordon, flygplan och fartyg).

4.5.2 Genomförda aktiviteter

Matematiska modeller av fysikalisk karaktär har utvecklats för de fenomen som gäller de enligt ovan behandlade frågorna. Experimentell verksamhet har genomförts för att validera modellerna.

4.5.3 Framkomna resultat/slutsatser

Modellerna ger trovärdiga resultat för de studerade fenomenen, åtminstone i den utsträckning som de hittills validerats. Inträngning i gelatin är representativ för inträngning i levande biologisk materia, vilket inte gäller för inträngning i vittnesplåtpaket. Resultat från projektilinträngning i gelatin visar att ComputerMan, som utvecklats för splitterverkan, inte kan inte användas för värdering av verkan av projektilinträngning på det sätt som anges i programmets manual. Ljudtrycksberäkningarna är säkerligen realistiska men kräver mycket stor datorkapacitet och hämmas av svårigheten att bestämma relevanta begynnelse- och randvillkor där det är som viktigast, nämligen vid eldrörsmynningen.

4.5.4 Kunskapsspridning

Redovisning av uppnådda resultat och passerade milstolpar har skett vid kvartalsvis

återkommande avtappningsseminarier med närvarande representanter för kunden, t.ex. GL och C FoT-grp Vapentraumatologi.

Skriftliga redovisningar har skett i kvartalsvis utgivna lägesrapporter (FOI Memo). Kunskapsspridning har i övrigt skett huvudsakligen i form av tekniska rapporter. Dessa är företrädesvis av vetenskaplig karaktär med mycket matematik, eftersom tillämpning av kunskaperna i AVAL kräver detta.

4.5.5 Nytta/effekter för Försvarsmakten

Utvidgning och förbättring av verkansvärdering, vilket i huvudsak sker via AVAL, innebär bättre underlag för studieverksamhet inom FM, bättre underlag för FMV i samband med materialanskaffning, samt bättre möjligheter för FOI att betjäna FM i samband med utredningar, undervisning och liknande verksamheter. Personal torde vara de viktigaste vitala komponenterna i de plattformar som studeras med AVAL.

4.5.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Samtal genomförs med ARL beträffande ComputerMan.

4.5.7 Fortsättning

Projektet har pågått sedan 1999 och avslutas per 2002-12-31. Inom ramen för projektet EF 001 "Sårballistik och skydd" planeras fortsatt verksamhet med syftet att realisera förslaget till en ny modell för personal i AVAL.

5 Rapporter och annan kunskapsöverföring

Rapporter

Övriga rapporter

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Gryth D, Drobin D, Persson J K E, Hansson S, Olsson L-G, Kjellström B T	Studier av behind armor blunt trauma (BABT).	E5054	FOI-R--0442--SE
Sondén Anders	Shock wave effects on the vascular endothelium.	EF003	FOI-S--0490--SE
Lindholm T	On traumatic lesions to the spinal cord and dorsal spinal roots. Factors influencing axonal regrowth across the border between the central and peripheral nervous system in rat and man.	EF002	FOI-S--0491--SE
Persson J K E, Brage A, Wenemark R, Suneson A	Jämförelse mellan limning och suturering av regenerationsförmågan hos delad perifer nerv på vuxen rått. Ny metodik för reparation av perifera nervskador.	I0018	FOI-R--0031--SE
Widegren I	Årsrapport 2001 för FOIs forskning inom FoT-området Vapentraumatologi.	IS102	FOI-R--0356--SE

Artiklar

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Sondén A, Svensson B, Roman N, Brismar B, Palmblad J, Kjellström B T	Mechanisms of shock wave induced endothelial injury.	EF003	FOI-S--0771--SE
Wladis A, Hahn R G, Brismar B, Kjellström B	Induced hypothermia after high-energy soft-tissue injury and subsequent hemorrhagic shock.	EF001	FOI-S--0769--SE
Thybol J, Kortessmaa J, Cao R, Soininen R, Wang L, Iivanainen A, Sorokin L, Risling M, Cao Y, Tryggvason K	Deletion of the laminin alpha4 chain leads to impaired microvessel maturation.	EF002, ER003	FOI-S--0487--SE
Lindholm T, Cullheim S, Deckner M, Carlstedt T, Risling M	Expression of neuregulin and ErbB3 and ErbB4 after a traumatic lesion in the ventral funiculus of the spinal cord and in the intact primary olfactory system.	EF002	FOI-S--0327--SE
Lindholm T, Cullheim S, Carlstedt T, Risling M	Expression of tenascin R and J1 mRNA in motoneurons after a traumatic lesion in the spinal cord.	EF002	FOI-S--0326--SE
Cullheim S, Wallquist W, Hammarberg H, Lindå H, Piehl F, Carlstedt T, Risling M	Properties of motoneurons underlying their regenerative capacity after axon lesions in the ventral funiculus or at the surface of the spinal cord.	EF002	FOI-S--0330--SE
Stark B, Carlstedt T, Risling M	Distribution of TGF-B, the TGF-B type I receptor and the R-11 receptor in peripheral nerves and mechanoreceptors; observations on changes after traumatic injury.	EF002	FOI-S--0325--SE
Oliveira A L R, Risling M, Negro A, Langone F, Cullheim S	Apoptosis of spinal interneurons induced by sciatic nerve axotomy in the neonatal rat is counteracted by nerve growth factor and ciliary neurotrophic factor.	EF002	FOI-S--0488--SE
Carlstedt T, Cullheim S, Risling M	Spinal cord in relation to the peripheral nervous system.	EF002	FOI-S--0329--SE
Fried K, Risling M, Tidcombe H, Gassmann M, Lillesaar C	Expression of ErbB3, ErbB4, and neuregulin-1 mRNA during tooth development.	EF002	FOI-S--0489--SE
Heinius G, Wladis A, Hahn R G, Kjellström B T	Induced hypothermia and rewarming after hemorrhagic shock.	EF001	FOI-S--0770--SE

Konferensbidrag

Författare	Titel	Uppdr.nr	Rapp.nr
Drobin D, Lohman J, Malm E, Bursell J, Gottschalk L, Kjellström B T, Winslow R M	Improved survival time of double insult hemorrhagic shock in swine after resuscitation with Hemospan(TM).	EF644	FOI-S--0766--SE
Sunesson A S, Persson J K E, Bursell J, Larsson I-L, Risling M	Evaluation of diffuse blastwave induced brain injury using EEG.	EF002	FOI-S--0780--SE
Persson J K E, Bursell J, Larsson I L, Risling M, Sunesson A S	Akuta EEG-förändringar efter experimentell skallskada.	EF002	FOI-S--0779--SE
Risling M G, Lindholm T, Sköld M, Meier M, Cullheim S, Hammarberg H, Wallquist W, Carlstedt T	Expression of semaphorin and neuropilin in DRG neurons after dorsal root lesion.	EF002	FOI-S--0781--SE
Lindholm T J, Cullheim S, Carlstedt T, Risling M	Expression of neuregulin, ERB-B3 and ERB-B4 in spinal cord after traumatic injury.	EF002	FOI-S--0334--SE
Risling M G, Sköld M, Lindholm T, Sunesson A, Carlstedt T, Meier M, Larsson I-L, Cullheim S	The possible role of prostaglandin F2alpha after spinal cord injury.	EF002	FOI-S--0333--SE
Lindholm T, Sköld M K, Cullheim S, Risling M	Expression of semaphorins, neuropilins, and VEGF in rat motoneurons and ventral roots after a traumatic lesion in the spinal cord.	EF002	FOI-S--0783--SE
Sköld M K, Cullheim S, Risling M	Induction of HIF1alpha in motoneurons after intraspinal axotomy.	EF002	FOI-S--0782--SE
Sköld M K, von Gertten, Sandberg-Nordqvist A C, Holmin S, Mathiesen T, Cullheim S, Risling M	Induction of VEGF expression following traumatic brain injury and cortical spreading depression.	EF002	FOI-S--0332--SE
Kjellström B T, Drobin D, Malm E, Lohman J, Vandegriff K D, Winslow R M	Malpeg-HB does not increase vascular resistance in pigs.	EF644	FOI-S--0768--SE
Wijk G	ComputerMan and NATO Unprotected Man: A comparison between two different methods for evaluation of human vulnerability.	E2002	FOI-S--0484--SE
Kjellström B T	Possible role for "artificial blood" in military medicine.	EF644	FOI-S--0767--SE
Landegren T, Persson J, Risling M	Lokala reaktioner kring reparationsfogen efter cyanoakrylatlimning av perifer nervskada.	EF002	FOI-S--0778--SE

FOI Memo

Författare	Titel	Uppdr.nr	Dnr
Arborelius U P, Kjellström B T	A review of foot protection criteria for use in mine protected vehicles.	EF668	02-876
Gryth D, Drobin D, Persson J K E, Hansson , Olsson L-G, Kjellström B T	Medicinsk utvärdering av skadekriterievärdet "44 mm" vad avser inbuktningen av kroppsskydd vid beskjutning med automatkarbin (AK 4).	E001	02-616

Kjellström B T, Bursell J, Skoglund M	Sårballistisk utvärdering av polisiär tjänsteammunition.	EF670	02-1625
Lillberg E	Simulering av tryck kring vapen.	E2002	02-3298
Ottosson J	Sårballistisk undersökning av 9 mm tjänsteammunition.	E2298	02-969:2
Risling M, Arborelius U, Wijk G, Ahlström H, Kjellström B T	Lägesrapport vapentraumatologi.Kvartal 4, 2002.Redovisning från forskningsområdets kvartalsmöte.	EF001, EF002, EF003, E2002	02-3194
Risling M, Arborelius U, Wijk G, Ahlström H, Kjellström B T	Lägesrapport Vapentraumatologi.Kvartal 1, 2002.Redovisning från forskningsområdets kvartalsmöte.	EF001, EF002, EF003	02-705
Risling M, Arborelius U, Wijk G, Ahlström H, Kjellström B T	Lägesrapport Vapentraumatologi.Kvartal 2, 2002.Redovisning från forskningsområdets kvartalsmöte.	EF001, EF002, EF003	02-1741
Risling M, Arborelius U, Wijk G, Ahlström H, Kjellström B T	Lägesrapport Vapentraumatologi, kvartal 3, 2002 : redovisning från forskningsområdets kvartalsmöte.	EF003, EF002, EF001	02-2291
Wijk G	Förslag till modell för (den sammansatta) vitalkomponenten) "människa" i FM verkansvärderingsprogram AVAL.	E2002	02-3101
Wijk G	Slutrapport beträffande projektil- och splitterinträngning i simulerat biologiskt material.	E2002	02-3290