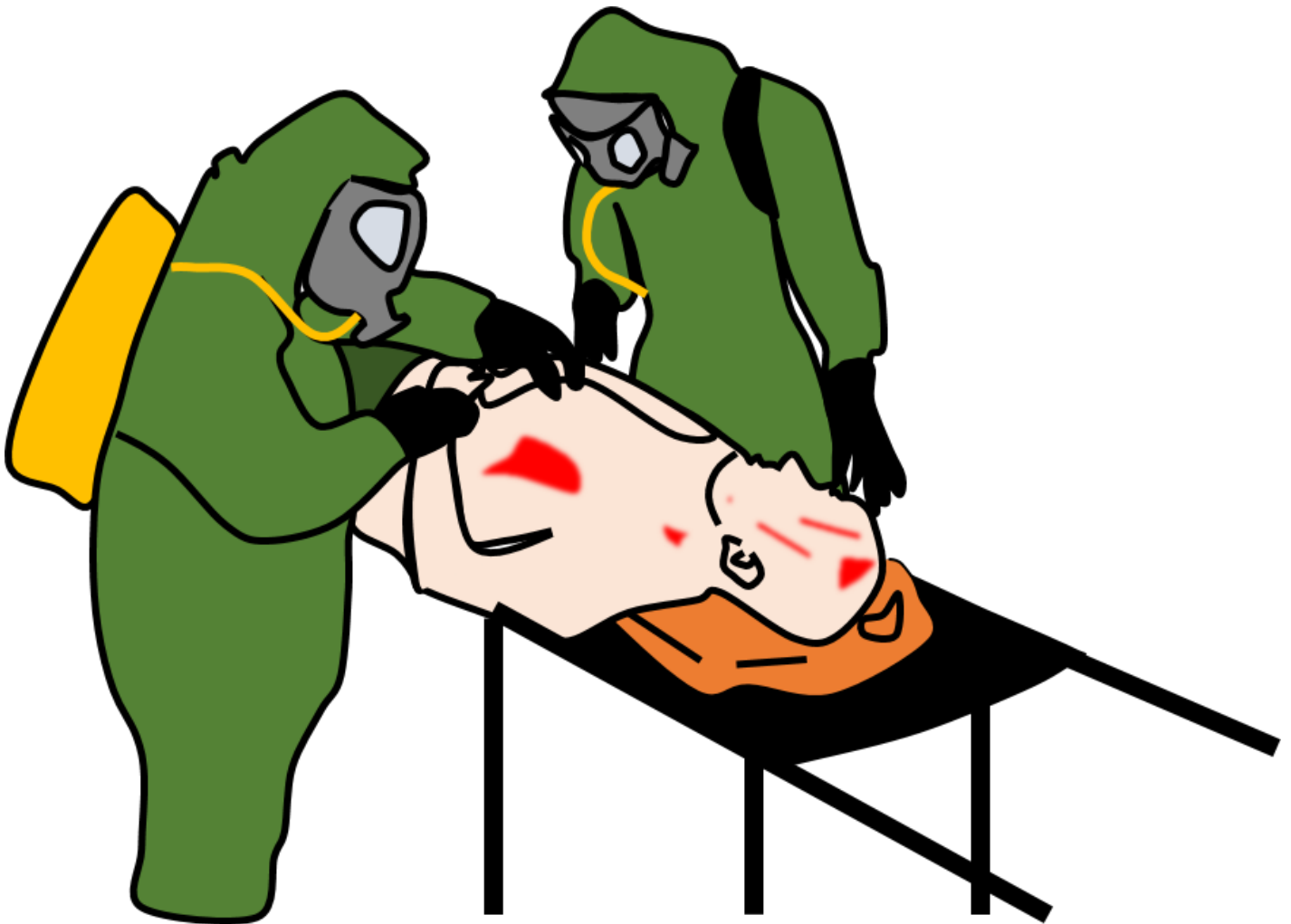


Kombinationsskador av trauma och kemiska exponeringar

Med fokus på kombinerade fysiska skador som kan uppkomma vid antagonistiska händelser

LINA THORS, ANDERS BUCHT,
ULF ARBORELIUS, MATTIAS GÜNTHER



Lina Thors, Anders Bucht, Ulf Arborelius,
Mattias Günther

Kombinationsskador av trauma och kemiska exponeringar

Med fokus på kombinerade fysiska skador som kan
uppkomma vid antagonistiska händelser



Titel	Kombinationsskador av trauma och kemiska exponeringar Med fokus på kombinerade fysiska skador som kan uppkomma vid antagonistiska händelser
Title	Combined injury of trauma and chemical exposures – with focus on physical injuries that can occur in antagonistic events
Rapportnr/Report no	FOI-R--5728--SE
Månad/Month	Februari
Utgivningsår/Year	2025
Antal sidor/Pages	25
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Försvarsdepartementet
Forskningsområde	CBRN-frågor
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	A401224
Godkänd av/Approved by	Åsa Scott
Ansvarig avdelning	CBRN-skydd och säkerhet

Bild: Lina Thors, FOI

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Kombinationsskador kan uppstå vid exponering för toxiska kemiska ämnen (C-ämnen) kombinerat med fysiskt trauma. Rutiner för hantering av såväl C-skador som traumaskador är vanligen framtagna enbart för den enskilda skadetyper, vilket riskerar att komplikationer som kombinerade skador kan medföra förbises. Detta skapar ett behov av ökad kunskap i omhändertagandet av kombinationsskadade individer.

Syftet med denna rapport är att redogöra för komplikationer vid kombinerade skador av C-exponeringar och trauma, där aspekter som prioriteringar i den medicinska vårdkedjan, val av medicinsk behandling och genomförande av personsanering beaktas särskilt. Rapporten har framställts i samverkan mellan avdelningen för CBRN-skydd och säkerhet vid Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) och enheten för experimentell traumatologi vid Karolinska Institutet (KI).

Slutsatser och rekommendationer är följande:

1. Utveckla, utbilda och öva enkel differentialdiagnostik för C-exponeringar och traumaskador för att möjliggöra identifiering eller uteslutande av kombinationsskador.
2. Inkludera båda skadetyperna i samma algoritm för triage på skadeplats med tillhörande livräddande insatser, i syfte att underlätta medicinska inriktningsbeslut och undvika misstag vid omhändertagande av kombinationsskadade.
3. Val av specifika personsaneringsmedel eller procedurer bör grundas på att det kan användas på såväl intakt hud som i sår. Detta kommer att underlätta omhändertagandet av kombinationsskadade och påskynda avbrytande av skadlig C-exponering. Om inte saneringsmedel kan användas i sår bör tydliga rutiner finnas för paketering av kontaminerade sår fram till att säkert omhändertagande kan ske vid högre vårdnivå.
4. Vid medicinska insatser på skadeplats bör kunskap finnas att vissa läkemedel kan påverka förgiftningssymtom och därmed komplicera symtomtolkning. Val av läkemedel bör baseras på kunskap om att vissa läkemedel kan bli utan verkan till följd av annan pågående medicinsk behandling och att traumabehandling kan förvärra förgiftningssymtom.

Nyckelord: Kombinationsskador, trauma, förgiftning, sanering, medicinsk behandling

Summary

Combined injury, or polytrauma, involves more than one physical injury, which may consist of exposure for toxic chemicals and trauma injury. Intoxications and trauma injuries are usually considered separately, which may lead to inadequate life-saving measures during an event including both chemical injuries and physical trauma. Consequently, there is a need of improved knowledge how to manage individuals with combined injuries.

The aim of this report is to describe complications when chemical and physical trauma injuries are combined, such as patient management in the medical chain, choice of medical treatment and execution of skin decontamination. The study has been a collaboration between the Division of CBRN Defence and Security at the Swedish Defence Research Agency, and the unit for Experimental Traumatology at the Karolinska Institute.

The conclusions are:

1. Develop, educate and exercise simple differential diagnostics for chemical and physical trauma injuries to enable identification or exclusion of combined injuries
2. Include both injury types in the same triage algorithm including life-saving interventions to facilitate medical decisions and to avoid mistakes in the management of combined injuries.
3. The choice of available specific skin decontamination products should be based on the possibility to use the product both on intact skin and in wounds. This would facilitate the management of combined injuries and shorten the time to discontinued chemical exposure. If decontamination cannot be performed on open wounds, procedures for packaging contaminated skin should exist.
4. When providing prehospital medical treatment it should be considered that treatments may interfere with symptoms of intoxication which can make symptom interpretation more difficult. The available pharmaceuticals at the incident scene should be chosen based on knowledge that certain drugs become inefficacious due to other ongoing treatments and that trauma treatment may aggravate symptoms of intoxication.

Keywords: Combined injury, trauma, intoxication, decontamination, medical treatment

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Skadebeskrivningar och behandling	9
2.1	Traumaskador	9
2.1.1	Penetrerande och trubbigt trauma	9
2.1.1.1	Behandling av penetrerande och trubbigt trauma	9
2.1.2	Sprängtrauma	10
2.1.3	Katastrofala blödningar	10
2.1.3.1	Behandling av katastrofala blödningar	11
2.1.4	Brännskador	11
2.1.4.1	Behandling av brännskador	12
2.2	Kemiska exponeringar	12
2.2.1	Nervgaser	12
2.2.1.1	Behandling av nervgasförgiftning	13
2.2.2	Opioider	13
2.2.2.1	Behandling av opioidförgiftning	13
2.2.3	Vävnadsskadande ämnen	13
2.2.3.1	Behandling av förgiftning med vävnadsskadande ämnen	13
3	Omhändertagande vid kombinationsskador	15
3.1	Symtomtolkning och differentialdiagnostik	15
3.2	Prioritering av åtgärder	17
3.3	Sanering av sår och skadad hud	18
3.4	Interaktioner vid läkemedelsbehandling	19
4	Slutsatser och rekommendationer	21
5	Referenser	22

1 Inledning

Kombinationsskador i detta sammanhang, innefattar exponering för giftiga kemiska ämnen (C-skada) tillsammans med en eller flera traumaskador, som hjärn-, bränn- och sprängskada, samt skador orsakad av trubbig eller penetrerande kraft eller annan ospecificerad traumaskada [1]. Vanligen betraktas C- och traumaskador individuellt vid framtagande av rutiner för det operativa omhändertagandet i den medicinska vårdkedjan. Även inom forskning och utveckling av triagemetodik, medicinsk behandling och personsanering studeras skadetyperna oftast separat. Det innebär att komplikationer som kan uppstå vid hantering av kombinationsskador inte är tillräckligt belysta och att de rutiner för medicinskt omhändertagande som rekommenderas kan vara ofullständiga. Detta skapar ett behov av ökad kunskap gällande omhändertagande av kombinationsskadade individer.

Både den civila och militära vårdkedjan vid masskadehändelser är utvecklad främst för omhändertagande av traumaskador, men kommer vid en kemhändelse även behöva hantera kemiskt exponerade individer [2, 3]. Från skadeplats till avancerad sjukvård omfattar den civila medicinska vårdkedjan i Sverige primärt samverkan mellan räddningstjänst, prehospital sjukvård och akutsjukvård vid sjukhus. Innan ambulanssjukvård anländer till skadeplats kan även SOS Alarm, Kustbevakningen och polisen vara involverade i omhändertagande av skadade.

Räddningstjänsten har ett ansvar att evakuera skadade och ge första hjälpen med enkla medel. Vid kemiska exponeringar utför räddningstjänsten livräddande personsanering, efter beslut av ambulanssjukvårdens medicinskt ansvarige på skadeplats [4, 5]. Prehospital sjukvård omfattar triagering och omedelbara medicinska åtgärder på skadeplats och under ambulanstransport. Vid behov kan ambulanssjukvården ansvara för fullständig personsanering på skadeplats. Intrahospital sjukvård omfattar både medicinskt omhändertagande vid akutmottagningar och avancerad sjukvård vid specifika vårdavdelningar. Akutmottagningarna har även ansvaret att genomföra fullständig personsanering vid kemiska exponeringar.

Inom Försvarsmakten indelas vårdkedjan i fem nivåer [3]:

- Nivå 0, hantering av skadade med kamrathjälp eller av stridssjukvårdare på skadeplats.
- Nivå 1, sjukvård av sjuksköterska eller läkare på kompani- eller bataljonssamlingsplats.
- Nivå 2, mer avancerad sjukvård som exempelvis stabiliserande kirurgi och intensivvård på brigadsamlingsplats eller vid fältsjukhus.
- Nivå 3 och 4, specialistsjukvård vid civila sjukhus.

En signifikant skillnad mellan den civila och den militära vårdkedjan är att icke-sjukvårdslegitimerad personal inom Försvarsmakten kan ge omedelbar medicinsk behandling till kamrat på skadeplats, exempelvis administrera autoinjektor vid nervgasförgiftning. För Försvarsmakten kan transport av patient bakåt i vårdkedjan, i en stridssituation, vara mycket komplicerad, vilket leder till svårigheter att snabbt stabilisera skadade med risk för fördröjning till avancerad sjukvård. Detta kan ställa höga krav på framskjutna sjukvårdsresurser i fält.

Gällande kombinationsskador finns några aspekter beskrivna. Socialstyrelsen har redogjort för särskilda behov vid kombinationsskador, exempelvis vikten av personsanering vid exponering för kemiska ämnen [6]. Även inom den Nordatlantiska fördragsorganisationen (Nato) finns principer framtagna för omhändertagande av kombinationsskadade, där främst vikten av att inkludera möjlig CBRN-exponering vid triage framhålls, men även att effekter av kemiska exponeringar kan försvåra omhändertagandet av traumaskador, exempelvis att överdriven salivering vid nervgasförgiftning kan omöjliggöra andningshjälp och att atropinbehandling komplicerar bedömningen av hjärnskador [7].

Dock saknas en sammanställning av kunskap gällande kombinationsskador av C-exponering och fysiskt trauma, där den medicinska vårdkedjan i sin helhet beaktas.

Syftet med denna rapport är att redogöra för komplikationer vid kombinerad C-exponering och traumaskador, där särskilda aspekter som bör tas hänsyn till vid prioritering av åtgärder i den medicinska vårdkedjan identifieras, och val av medicinsk behandling för kombinationsskadade belyses. Rapporten har framställts i samverkan mellan avdelningen för CBRN-skydd och säkerhet vid Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) och enheten för experimentell traumatologi vid Karolinska Institutet (KI).

2 Skadebeskrivningar och behandling

2.1 Traumaskador

2.1.1 Penetrerande och trubbigt trauma

Penetrerande trauma är en typ av skada som uppstår när ett föremål tränger in i kroppens vävnader och skapar en öppning i hud eller organ. Denna typ av trauma orsakas ofta av vassa föremål, som knivar eller glas, eller av projektiler, som kulor eller splitter. Skadorna kan variera kraftigt beroende på faktorer som föremålets form, storlek, hastighet och inträngningsvinkel, samt vilka anatomiska strukturer som påverkas. Projektilverkan avser de skador som orsakas av en projektil när den träffar en kropp eller yta. Det handlar om den mekaniska och fysiologiska påverkan av en projektil, som exempelvis en kula eller ett splitter, när den interagerar med sitt mål.

Projektiler kan vara kulor från pistoler, automatkarbiner eller kulsprutor. Det kan också vara preformerade eller stokastiska splitter från exploderande verkansdelar eller sekundärsplitter från glas eller annat material som projektilerna passerat genom [8-11]. Den skadeverkan som en projektil gör i kroppen är kopplad till rörelseenergin som ju är proportionell mot kvadraten på hastigheten. Det är det som gör att kulor från gevär eller automatkarbiner, med en hastighet på 700 – 800 m/s, orsakar mycket större skador än pistolkulor, i hastigheten 300 – 400 m/s, trots att de senare oftast har en större kaliber (tvärsnittsytta).

Energiavgivningen under passage genom kroppen, och därmed skadeverkan, ökar momentant när den avlånga projektilen börjar tumla runt. Under tiden denna tumling sker skapas en stor (många gånger större än kalibern) temporär sårhåla, som efter projektilens passage faller ihop till en definitiv sårhåla. Vidgningen till den temporära sårhålan orsakar slitningar i, och tryckverkan på, omgivande vävnad som kan bli permanent skadad. Det finns också en sugeffekt, orsakad av expansionen, som kan bidra till att föroreningar från omgivningen sugas in i sårhålan. Splittring av projektilen kan också bidra till större energiavlänning och en stökigare sårhåla. Expanderande ammunition har förbjudits i krig men används bland annat av svensk polis, som använder en expanderande 9 mm kula. Redan när den passerar genom huden kommer framkanten slås upp och vikas bakåt. Effekten blir en kaliberökning, större energiavgivning i det primära målet och mindre risk för att bakomstående skadas.

Splitter är inte något enhetligt. Det kan vara allt från några mm stora hårdmetallkulor till gjutjärnsstycken eller delar av glas eller vägmateriel. Hastigheten kan också variera inom ett stort intervall, liksom form och densitet.

Trubbigt trauma uppstår när en kraft appliceras på kroppen utan att penetrera huden, vilket skiljer det från penetrerande trauma som orsakas av skarpa föremål. Denna typ av trauma kan leda till ett spektrum av skador, inklusive frakturer, inre blödningar, organbristning och huvudskador [9]. En central aspekt av trubbigt trauma är den systemiska inflammatoriska responsen som utlöses av skadan. Skadade vävnader frisätter molekyllära signaler som aktiverar immunceller och startar en inflammatorisk kaskad [12]. Denna inflammation är en naturlig del av läkningsprocessen, men den kan också leda till komplikationer om den blir okontrollerad.

2.1.1.1 Behandling av penetrerande och trubbigt trauma

Behandlingen av trubbigt och penetrerande trauma är komplex och kräver ett multidisciplinärt tillvägagångssätt som involverar snabba och effektiva åtgärder för att stabilisera patienten och begränsa skadeverkningarna [13]. Behandlingen inkluderar följande:

- Resuscitation (åtgärda blodförlust): Att återställa blodvolym och cirkulation är avgörande för att säkerställa syretillförsel till vitala organ.
- Kirurgi: Beroende på skadornas art kan kirurgiska ingrepp bli nödvändiga för att kontrollera blödningar, reparera skadade organ och stabilisera frakturer.
- Smärtlindring: Effektiv smärtlindring är avgörande för att minska patientens lidande och underlätta andning och mobilisering [13].

Flera behandlingsstrategier har utvecklats för att optimera vården, inklusive följande:

- *Damage Control Resuscitation*
Denna strategi fokuserar på att minimera blodförlust och koagulopati (blödningsrubbnings) genom att begränsa mängden intravenöst tillförda kristalloida lösningar och prioritera transfusion av blodprodukter [13, 14].
- *Early Total Care*
I denna strategi utförs definitiva kirurgiska ingrepp tidigt i förloppet [15].
- *Damage Control Orthopedics* (DCO)
DCO innebär att frakturstabilisering utförs i steg för att minska den kirurgiska belastningen på patienten [16].

Valet av strategi beror på patientens individuella tillstånd och skadornas svårighetsgrad. Forskning pågår för att förbättra behandlingsmetoder inkluderar studier av transfusionsstrategier, mätning av koagulationsförmåga och utvecklingen av prediktiva modeller för att identifiera högriskpatienter [17-19].

2.1.2 Sprängtrauma

Explosioner är unika i sin förmåga att orsaka akuta och komplexa skador på många människor samtidigt, vilket kan resultera i hög dödlighet och sjuklighet [20, 21]. En sprängskada är en komplex typ av fysiskt trauma till följd av direkt eller indirekt exponering för en explosion. Sprängskador delas in i fem kategorier, baserade på skadepincip. Primära sprängskador orsakas av det höga tryck som uppstår vid en explosion. Detta övertryck kan skada kroppen genom att krossa vävnader och ge upphov till inre skador. Denna typ av skada är unik för explosioner och kan leda till lungsprängning, bristning av trumhinnan och skador på mellanörat, bukblödning och perforation, ögonskador samt lindrig traumatisk hjärnskada utan synliga tecken på huvudskada. Sekundära sprängskador uppstår när fragment och skräp slungas mot kroppen av tryckvågen. Detta kan resultera i trubbigt våld och penetrerande skador, exempelvis splitterskador, ögonskador eller slutna och öppna hjärnskador. Tertiära sprängskador inträffar när tryckvågor accelererar kroppen, vilket kan likna skador som uppstår vid trafikolyckor. Dessa skador omfattar bland annat benbrott, trubbiga trauman, klämskador, traumatiska amputationer samt slutna eller öppna hjärnskador. Kvartära sprängskador är en följd av andra effekter av explosionen, såsom värme, ljus och exponering för giftiga ämnen från exempelvis bränslen, metaller eller gaser. Detta kan leda till brännskador och skador orsakade av inandning av skadliga ämnen. Slutligen finns en grupp kvintära blast-skador, som är de kliniska effekterna av miljöföroreningar som uppstår efter explosionen. Dessa kan inkludera skador från kemiska, biologiska eller radiologiska ämnen, vilket kan resultera i strålningsexponering, kemiska brännskador samt virus- eller bakterieinfektioner.

2.1.3 Katastrofala blödningar

Katastrofala blödningar är en av de främsta orsakerna till dödlighet vid trauma. Trots framsteg inom traumavård står blödningar fortfarande för en betydande andel av dödsfallen, med siffror mellan 20 och 34 % [12]. Tidig identifiering, aggressiv behandling och ett multidisciplinärt tillvägagångssätt är av vikt för att förbättra överlevnaden vid trauma. En viktig aspekt av katastrofala blödningar är deras inverkan på koagulationssystemet. Traumainducerad koagulopati kan förvärra blödningar och öka risken för komplikationer [15, 17]. Katastrofala blödningar kan leda till hypoperfusion

(minskat blodflöde till organ och vävnader), vilket minskar syretillförseln till kroppens vävnader och organ [12, 22]. Detta kan i sin tur orsaka multiorgansvikt och öka risken för död.

2.1.3.1 Behandling av katastrofala blödningar

Metoder för att hantera katastrofala blödningar inkluderar mekaniskt stoppande av blödningarna samt transfusion av blodprodukter inklusive erytrocytkoncentrat, plasma och trombocyter [19, 22, 23]. Snabb och effektiv kirurgisk intervention är avgörande för att kontrollera blödningar och förhindra ytterligare blodförlust [11].

2.1.4 Brännskador

Brännskador kan orsakas av direkt eld (flammar), varm vätska, ånga, kontakt med varma föremål eller el-olyckor. Avgörande är inte bara kontakttemperaturen utan också värmeinnehållet och värmeledningsförmågan i kontaktmaterialet samt exponeringstid. Skadans allvar bestäms framför allt av utbredning (anges som procent av total hudyta) och skadans djup. Ofta är all bränd yta inte lika svårt bränd.

Kroppsytan fördelar sig enligt 9-regeln¹:

- arm 9 % (handflata = 1 %)
- ben 18 %
- bålens framsida 18 %
- bålens baksida 18 %
- könsorgan 1 %
- hals – Huvud 9 %.

Brännskador utlöser en komplex kaskad av skadliga händelser i kroppen. Utöver den direkta vävnadsskadan leder brännskador till systemisk inflammation och ett potentiellt nedsatt immunförsvar [24]. En betydande faktor i brännskadors patofysiologi är hypermetabolism (högre ämnesomsättning än normalt). Denna ökade ämnesomsättning är ett svar på den omfattande vävnadsskadan och den efterföljande inflammationen [25]. Hypermetabolismen bidrar till ökad energiåtgång, proteinnedbrytning och förändrad temperaturreglering hos patienter med brännskador. Dessutom kan brännskador orsaka dysfunktion i flera olika organ, såsom hjärtat, levern och skelettmuskulaturen [26].

Den forskning som pågår för att kartlägga mekanismerna bakom brännskadors patofysiologi inkluderar att förstå hur hypermetabolism regleras, hur man kan motverka immunsuppression och hur man bäst kan skydda organ från skada [25].

Om brännskadorna har uppstått i samband med brand i slutna/avgränsade utrymmen måste man beakta risken för skador i andningsvägar samt koloxid- och cyanidförgiftning. Värmen eller irriterande ämnen i brandröken kan orsaka svullnad i de övre luftvägarna som fordrar omedelbar åtgärd. Koloxiden binder till hemoglobinet vilket ger en lägre syresättning av vävnader. Cyaniden har en mer direkt giftverkan på cellandningen genom att blockera enzymet cytokromoxidas som är centralt för cellernas förmåga att tillgodogöra sig syre.

Brännskador indelas vanligen baserat på en djupindelning som grundar sig i hudens anatomiska lager (tabell 1).

¹ 9-regel = stora regioner av en vuxen kropp delas in i 11 delar x 9 procent

Tabell 1. Djupindelning av brännskador.

Beteckning	Beskrivning
Överhudsskada	Överhuden skadad, till exempel solbränna. Sveda, inga blåsor.
Ytlig delhudsskada	Överhuden och delar av läderhuden skadad. Till exempel skållning. Blåsor och lätt blödande.
Djup delhudsskada	Överhuden och delar av läderhuden skadad.
Fullhudsskada	Hela överhuden och läderhuden skadad. Känsl saknas. Blöder inte.

2.1.4.1 Behandling av brännskador

Större och djupare brännskador fordrar en intensiv lokal behandling med sårvård, täckande förband och skydd mot infektioner. Stora skadade ytor resulterar i stor vätskeförlust som måste kompenseras. Bortsett från kirurgi som kan behövas för att återställa ett fungerande hudlager behövs kirurgiska åtgärder för att fortlöpande avlägsna död vävnad. Smärtbehandling är viktig och kan fordra morfinpreparat. Behandling av infektioner behöver ske, både profylaktiskt och efter agensbestämning.

Intensiv syrgasbehandling används mot kolmonoxidförgiftning och hydroxykobalamin ges vid misstanke om cyanidförgiftning [27].

2.2 Kemiska exponeringar

I denna rapport har tre grupper av toxiska kemiska ämnen prioriterats: organiska fosforföreningar i form av nervgaser, opioider och vävnadsskadande ämnen. Dessa ämnen har prioriterats främst baserat på potentiell antagonistisk användning och kan vid omhändertagande av många skadade resultera i stor belastning på sjukvården [28, 29].

I tidigare rapporter har operativa rutiner, klinisk användning, aktuell forskning och utveckling inom områdena medicinsk behandling och personsanering för kemiska stridsmedel beskrivits [30, 31]. Nedan sammanfattas det medicinska omhändertagande för dessa tre grupper av kemiska ämnen enligt nuvarande svenska riktlinjer.

2.2.1 Nervgaser

Nervgaser verkar genom att binda till enzymet acetylcholinesteras, som ansvarar för nedbrytning av signalmolekylen acetylcholin i nervsystemet [32]. Nervgasinbindning till acetylcholinesteras blockerar enzymets funktion både i det centrala nervsystemet (CNS) och i det perifera nervsystemet, vilket ger en överstimulering av muskarina och nikotinerga acetylcholinreceptorer. Detta medför typiska kolinerga symtom som knappålsupiller (mios), tårflöde, svettningar, överdriven salivering, illamående, kräkningar, diarré och ofrivillig urinavgång. Symtom på allvarlig förgiftning är kramper, muskelsvaghet/muskelstelhet, andningssvårigheter, hjärtpåverkan (arytmier) och cirkulationssvikt. Tid till symtom efter exponering för nervgaser beror av den specifika nervgasens egenskaper, exempelvis fett-/vattenlöslighet och flyktighet, samt exponeringsväg och dos, där debut av symtom av nervgasförgiftning efter inandning sker inom minuter, medan vid upptag genom hud kan symtom fördröjas i timmar upp till ett dygn.

2.2.1.1 Behandling av nervgasförgiftning

Den medicinska behandlingen vid nervgasförgiftning består primärt av tre komponenter: oxim för reaktivering av enzymet acetylcholinesteras, atropin för att blockera muskarina acetylcholinreceptorer och bensodiazepin (diazepam) för att häva uppkomst av kramper via stimulering av GABAerga receptorer [33]. Akutbehandling kan ges via intramuskulär administrering av två olika autoinjektorer som innehåller 1) atropinsulfat och ett oxim och 2) autoinjektor innehållande diazepam. Även syrgasbehandling och kontrollerad ventilation kan behövas akut. Ytterligare sjukvårdsresurser, exempelvis kompletterande symtomatisk läkemedelsbehandling och avancerad intensivvård, kan vara nödvändig vid allvarliga förgiftningar.

Vid exponering för nervgaser, oberoende av exponeringsväg, genomförs avklädning och personsanering. Fullständig personsanering består av tvätt med tvål och vatten. För att uppnå hög saneringseffektivitet bör specifika saneringsmedel användas som innehåller absorberande och nedbrytande egenskaper, exempelvis Reactive Skin Decontamination Lotion/Personsaneringsmedel 105 (RSDL/PS105) [30].

I förebyggande syfte vid hot om exponering för nervgas kan farmakologisk behandling med pyridostigmin användas. Pyridostigmin är en reversibel hämmare av enzymet acetylcholinesteras och fungerar som skydd av enzymet vid upptag av nervgas i kroppen.

2.2.2 Opioider

Syntetiska opioider (fentanylliknande substanser) aktiverar primärt de my-opioida receptorerna i CNS, vilket leder till smärtstillande, lugnande och sövande effekter [32]. Andra typiska symtom är små pupiller och, vid allvarlig förgiftning, kraftig andningspåverkan. Exponering för aerosoliserade syntetiska opioider sker primärt genom inandning och upptaget i luftvägarna leder till mycket snabb uppkomst av symtom.

2.2.2.1 Behandling av opioidförgiftning

Naloxon finns som specifik antidot mot opioidförgiftning [34]. Diazepam ges vid uppvisande av kramper. Ytterligare sjukvårdsresurser, exempelvis kompletterande symtomatisk läkemedelsbehandling och andningshjälp, kan behövas vid allvarliga förgiftningar.

Penetrationsförmågan genom hud är låg hos fentanylliknande substanser och därmed är sanering av hud med tvål och vatten som regel ej nödvändigt utan avklädning är tillräcklig saneringsåtgärd efter exponering [35].

2.2.3 Vävnadsskadande ämnen

I gruppen vävnadsskadande ämnen ingår retande gaser och senapsgaser. Dessa ämnesgrupper reagerar och skadar kroppsvävnad vid kontakt, framförallt i slemhinnor och ögon [36]. Gemensamma typiska symtom är ögonirritation och påverkan i luftvägarna medan för senapsgaser kan även fördröjda symtom på hud uppkomma (timmar till dygn). Exponering för retande gaser sker främst via inandning medan för senapsgaser kan både inhalations- och hudexponering förekomma. Jämfört med opioider och nervgaser krävs höga koncentrationer av retande gaser och senapsgaser för att uppnå livshotande skador.

2.2.3.1 Behandling av förgiftning med vävnadsskadande ämnen

Inga specifika antidoter finns för behandling efter exponering för retande gaser eller senapsgaser, utan vid allvarliga förgiftningar används enbart symtomdämpande behandling [37, 38]. Den symtomatiska behandlingen inkluderar inhalationsbehandling med bronkdilaterande medel och kortikosteroider samt syrgas. Vid behov ges assisterad eller kontrollerad andning samt respiratorvård.

Vid hudexponering för senapsgas ska avklädning och personsanering genomföras och specifika saneringsmedel bör användas för att uppnå hög saneringseffektivitet. I Sverige finns Personsaneringsmedel 104 (PS104) för hudsanering av senapsgas [39]. Efter exponering för retande gaser är avklädning vanligen tillräckligt.

Vid ögonexponering ska omedelbar ögonsköljning genomföras.

För hudsymtom efter senapsgasexponering genomförs sedvanlig brännskadebehandling och eventuella blåsor ska ej punkteras (se avsnitt 2.1.4.1 för behandling av brännskada).

3 Omhändertagande vid kombinationsskador

3.1 Symtomtolkning och differentialdiagnostik

Karaktäristiska symtom hos exponerade individer är mest troligt den första indikationen på att en händelse med kemiska ämnen skett [36]. Dock finns en problematik i diagnostik av förgiftningar vid fördröjd utveckling av symtom och när olika förgiftningar har likheter i symtombild. Till exempel finns flera likheter i symtom vid förgiftning med nervgaser och opioider där endast karaktäristiska "våta symtom" som kraftig salivering och ofrivillig urinavgång kan användas för att skilja nervgasförgiftning från opioidförgiftning vid initial symtombaserad diagnostik [32, 40]. Vid synliga traumaskador, exempelvis katastrofala blödningar, är det som regel omedelbart uppenbart vilka livräddande åtgärder som behöver prioriteras. Däremot kan icke synliga traumaskador vara svåra att identifiera vid initial bedömning, vilken kan leda till risk för sammanblandning med förgiftningar som ger inre skador.

För att tidigt särskilja icke-synliga traumaskador från förgiftningar med systemtoxisk karaktär och för att fastställa förekomst av kombinationsskador behöver enkel differentialdiagnostik utvecklas. Detta är nödvändigt för att säkerställa korrekta medicinska insatser i det akuta omhändertagandet och för att undvika att kemiskt kontaminerade patienter av misstag tas upp i vårdkedjan utan genomförd personsanering [41, 42]. Tillgång till vissa avancerade diagnostiska metoder i fält för att säkerställa differentialdiagnostik mellan vissa C- och traumaskador, exempelvis mätning av kolinesterasaktivitet i blod vid nervgasförgiftning, skulle kunna hjälpa till med prioritering av vilka patienter som kräver snabb transport till högre vårdinrättning för fullständig utredning av orsak till skadan.

Exempel på svårigheter gällande differentialdiagnostik mellan C- och traumaskador redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Typiska symtom vid förgiftningar och trauma där sammanblandning kan ske vid icke-synliga traumaskador [7, 41-43]. Även andra sjukdomstillstånd med likartad symtombild exemplifieras.

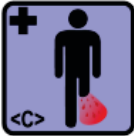
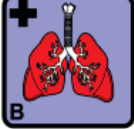
Symtom	Möjlig orsak	Symtom	Möjlig orsak	Symtom	Möjlig orsak
Muskelsvaghet	<u>C-skador:</u> - Opioidförgiftning - Nervgasförgiftning - Pyridostigmin-profylax - Överdoser av bensodiazepiner <u>Traumaskador:</u> - Huvudskada - Hjärnskada <u>Andra orsaker:</u> - Stroke - Otillräcklig metabolism av muskelavslappande läkemedel	Snabb och oregelbunden hjärtrytm (takykardi)	<u>C-skador:</u> - Förgiftning orsakad av vävnadsskadade ämnen, både retande gas och senapsgas (initial fas för retande gas) - Nervgasförgiftning (initial fas) - Atropinbehandling <u>Traumaskador:</u> - Låg blodvolym (hypovolemi) - Syrebrist (hypoxi) - Blödning - Kraftig smärta <u>Andra orsaker:</u> - Generell ångest - Ketaminbehandling	Andnöd (dyspné)	<u>C-skador:</u> - Förgiftning orsakad av vävnadsskadade ämnen, både retande gas och senapsgas - Opioidförgiftning - Nervgasförgiftning - Pyridostigmin-profylax - Kolmonoxidförgiftning - Cyanidförgiftning <u>Traumaskador:</u> - Katastrofala blödningar <u>Andra orsaker:</u> - Allvarliga astma- och allergireaktioner - Hjärtsvikt eller lungödem - Överhydrering - Högt blodtryck (hypertoni)
Minskad pupillstorlek och minimal pupillrespons av ljus	<u>C-skador:</u> - Opioidförgiftning - Nervgasförgiftning - Pyridostigmin-profylax <u>Traumaskador:</u> - Hjärnblödning	Långsam hjärtrytm (bradykardi)	<u>C-skador:</u> - Förgiftning orsakad av vävnadsskadade ämnen (förlängd fas vid allvarlig exponering för retande gas) - Opioidförgiftning - Nervgasförgiftning (förlängd fas) - Pyridostigmin-profylax <u>Traumaskador:</u> - Trauma mot bröstkorgen - Ökat intrakraniellt tryck - Kraftig hypovolemi	Onormala koagulationsindex (förändrad koagulationsförmåga)	<u>C-skador:</u> - Nervgasförgiftning <u>Traumaskador:</u> - Kraftiga blodtransfusioner <u>Andra skador:</u> - Antikoagulationsbehandling - Hypotermi
Ökad pupillstorlek (> 3 mm) och utan pupillrespons	<u>C-skador:</u> - Överdoser av atropin <u>Traumaskador:</u> - Huvudskada (hjärnskakning, hjärnskada) - Kraftig smärta <u>Andra orsaker:</u> - Blodkärlsförändringar i CNS (cerebral hypoperfusion)	Medvetslöshet/koma	<u>C-skador:</u> - Opioidförgiftning - Nervgasförgiftning <u>Traumaskador:</u> - Huvudskador - Hjärnskada - Katastrofal blödning - Låg blodvolym (hypovolemi) <u>Andra orsaker:</u> - Epilepsi (postikal fas)	Ökad sekretion	<u>C-skador:</u> - Nervgasförgiftning - Pyridostigmin-profylax <u>Andra orsaker:</u> - Allvarliga astma- och allergireaktioner - Övre luftvägsinfektioner
Brännskadeliknande hudsymtom	<u>C-skador:</u> Senapsgasexponering på hud (innan typisk blåsbildning uppstår) <u>Traumaskador:</u> Brännskador				

3.2 Prioritering av åtgärder

Vid omhändertagande av kombinationsskadade individer kan snabba beslut om prioritering av åtgärder behöva tas. Ett exempel på en avvägd prioritering är hantering av katastrofala blödningar och andra akut livshotande tillstånd innan personsanering genomförs för att avbryta kemisk exponering hos den drabbade och undvika kontaminationsrisker för insatspersonal [44]. Detta medför dock att sjukvårdspersonal behöver bära korrekt skyddsutrustning vid hantering av den kontaminerade patienten. Kombinationsskadade med C- och traumaskada har ofta även mycket skyndsamt behov av livräddande åtgärder, vilket försvåras vid användning av skyddsutrustning hos både den skadade och sjukvårdspersonal [7, 43].

För att underlätta prioritering av åtgärder bör hänvisning till akut omhändertagande för C- och traumaskador inkluderas i den triagealgoritm som används, detta för att också understödja hantering av kombinationsskadade [45]. Företrädesvis bör samma triagealgoritm användas såväl inom den civila som militära medicinska vårdkedjan, för att möjliggöra effektiv och säker överföring av patienter från militär till civil sjukvård, eller primärt omhändertagande inom civil sjukvård. I tidigare studie vid FOI har en prehospital triagealgoritm, som primärt beaktar traumaskador, kompletterats med triagemetodik för C-skador för användning vid masskadehändelser [36]. Dock inkluderar inte denna triagealgoritm hänvisning till akut livräddande åtgärder i omhändertagandet, exempelvis behandling med antidoter och omedelbar personsanering, och saknar också prioritering av åtgärder vid kombinationsskador.

Triagessystemet *Sort, Assess, Lifesaving interventions, Treatment/Transport* (SALT), som har föreslagits som den civila sjukvårdens gemensamma prehospitala triagesystem vid masskadehändelser, inkluderar hänvisning till akuta livsuppehållande åtgärder, exempelvis omhändertagande av katastrofala blödningar, fria luftvägar och administration av antidoter mot nervgaser [45]. Ett sådant triagesystem behöver dock kompletteras med tydliga indikationer eller symtom som ska initiera användning av antidoter. Inom Nato finns tydlig prioritet av åtgärder för att initialt kontrollera katastrofal blödning innan behandling av C-skada sker i det akuta omhändertagandet (figur 1) [44].

CATASTROPHIC HAEMORRHAGE 	➤ Attempt to apply pressure dressing, if unsuccessful: - If limb injury apply tourniquet (where available). - If torso injury manage as conventional catastrophic haemorrhage. ➤ Apply appropriate dressing / markings to protect and notify medical personnel of any potential residual wound contamination.
IF CASUALTY WEARING RESPIRATOR AND SAFE TO DO SO CARRY OUT 'EXPOSE TO TREAT' PROCEDURE Decontaminate around the respirator and the hood Loosen Individual Protective Equipment Remove respirator (<i>do not discard as it may be required again</i>)	
AIRWAY 	➤ Basic airway manoeuvres, such as: - Head tilt & chin lift (non-trauma) - Jaw thrust (trauma) ➤ Suction airway, if equipment available, or else self-drainage ➤ Place in recovery (semi-prone) position, if unconscious or excess secretions
ANTIDOTES 	REFER TO AGENT-SPECIFIC FIRST AID
BREATHING 	➤ RIBS assessment (rate, injuries, back and sides) ➤ Breathing support and ventilation, as resources allow - If sucking chest wound, apply appropriate dressing - If low oxygen level (or blue), give oxygen (if available) - If penetrating chest injury, consider tension pneumothorax – seek medical help as soon as possible
WOUND 	➤ If catastrophic haemorrhage, manage as described above ➤ If no catastrophic haemorrhage, irrigate wound with copious amounts of water or saline and avoid dislodging any clot. ➤ Apply appropriate dressing to protect and notify medical personnel of any potential residual wound contamination. Note. Where there is limited sterile saline, consider using bottled or chlorinated drinking water, followed by a sterile rinse. Avoid introducing decontamination products into the wound unless licensed to wound decontamination.

Figur 1. Första hjälpen vid kombinationsskador inom Nato [44].

3.3 Sanering av sår och skadad hud

Vid kombinationsskador där den skadade både har öppna sår och misstänkt C-exponering på hud krävs saneringsåtgärder för att avbryta upptag av det kemiska ämnet till blodcirkulationen [46]. Även vid kombinerade brännskador och kemiska skador krävs sanering då hudens barriärfunktion är skadad och därmed ökar hudpenetrationen av det kemiska ämnet. Effektiv sanering av sår och skadad hud kan även minska kontaminationsrisken för sjukvårdspersonal vid omhändertagandet av den skadade.

Vid exponering för kemiska stridsmedel, som nervgaser och senapsgaser, bör specifika saneringsmedel (PS104 eller PS105) användas för sanering av intakt hud [30].² Dessa

² I Sverige finns PS104 och PS105 i operativ användning för personsanering efter hudexponering för kemiska stridsmedel. PS104 är ett torrt pulver som innehåller magnesiumoxid (absorberande egenskaper) och klorkalk (nedbrytande egenskaper). PS105 är en viskös vätska som innehåller polyetylenglykol (absorberande egenskaper), diacetylmonoxim (nedbrytande egenskaper) och Dekon 139 (nedbrytande egenskaper). PS105 har även ett högt pH vilket bidrar till saneringsmedlets nedbrytande förmåga av kemiska stridsmedel. Förpackningen inkluderar en svamp mättad med PS105 för att även inkludera fysisk borttagning av kemiska ämnen från hud.

saneringsmedel rekommenderas inte att användas i sår eller på skadad hud [30, 44]. Sår saneras genom att skölja med vatten eller natriumkloridlösning [4, 5, 44]. För att underlätta omhändertagandet kan sår paketeras in med plast eller liknande för att sedan omhändertas vid högre vårdinrättning, antingen för att avlägsna ämnet under smärtlindring eller för att kirurgisk avlägsna kontaminerad vävnad [4]. Kirurgiskt avlägsnande av vävnad har visats vara effektivt vid kombinationsskador [47], men det är viktigt att uppmärksamma att tiden till saneringsåtgärd efter exponering för högttoxiska kemikalier kan vara kritisk för att undvika allvarliga skador.

Tidigare FOI-studie har visat att PS105 applicerad på ytliga eller djupare sår endast ger milda skadliga effekter och baserat på resultaten rekommenderades att PS105 bör användas om utebliven sanering bedöms orsaka allvarliga konsekvenser [48]. Dock har andra studier visat att PS105 i sår leder till försämrade sårläkningsförmåga [49, 50].

Blodstillande medel som används vid traumaskador har även utvärderats för dess förmåga att sanera intakt och skadad hud [51-56]. I experimentella studier har blodstillande medel uppvisat likvärdig förmåga att absorbera kemiska stridsmedel (VX, soman och senapsgas) från intakt och skadad hud som det etablerade saneringsmedlet *Fuller's Earth*. Av de blodstillande medlen visades *WoundStatTM* vara särskilt effektiv [51, 53, 55].

3.4 Interaktioner vid läkemedelsbehandling

Vid medicinska insatser på skadeplats bör kunskap finnas om att läkemedel kan påverka förgiftningssymtom och därmed komplicera symtomtolkning. Särskilt bör det beaktas att vissa läkemedel kan bli utan verkan till följd av annan pågående medicinsk behandling. Behandling av traumaskador kan även i vissa situationer förvärra förgiftningssymtom.

Vid sövning av patient med livshotande traumaskador har risken att förgiftningssymtom döljs och därmed försvårad diagnostik av C-skador uppmärksammas. Detta har visats vid toxicitetsstudier och studier av medicinska motmedel i djurmodeller, företrädesvis gris på grund av de fysiologiska likheterna med människa [57]. I dessa experimentella studier krävs sövning av djuren för genomförande, vilket försvårar tolkning av resultat då anestetika påverkar distributionen av nervgaser till CNS och därmed de toxiska effekterna [58]. Sövning influerar även fysiologiska funktioner som kardiovaskulära parametrar som därmed blir svåra att relatera till nervgasförgiftning [57].

Inhalationsanestetikan isofluran har också visats påverka enzymaktiviteten för acetylkolinesteras i blod, vilket är en markör för att diagnosticera och följa förgiftningsförloppet efter nervgasexponering [57]. Ketamin har uppvisat förmåga att binda till acetylkolinesteras och därmed utgöra en skyddande effekt mot nervgaser, trots att det resulterar i registrering av sänkt enzymaktivitet motsvarande som vid nervgasförgiftning [59-61].

Sammantaget kan sövning ge svårigheter att korrekt bedöma symtom på förgiftning för kombinationsskadade individer.

Val av sövningsmedel har även diskuteras för att möjliggöra kirurgiska ingrepp vid samtidig nervgasförgiftning, både ur ett synergistiskt och komplicerande perspektiv [57]. Generella anestetika, till exempel tiopental, kan inducera luftvägssammandragning vilket komplicerar behandling av nervgasförgiftade patienter som redan uppvisar andningssvårigheter [42, 62]. Propofol kan inducera både andningsdepression och kardiovaskulär instabilitet, och därmed avråds användning för nervgasförgiftade patienter [62, 63]. Kombination av nervgasförgiftning och användning av fentanylliknande substanser vid sövning kan också resultera i förvärring av andningssvårigheter och hjärtpåverkan (förstärkt bradykardi) [42, 62, 63].

Användning av ketamin ger luftvägsvidgning, vilket är gynnsamt vid nervgasförgiftning [42, 62, 63]. Ketamin kan dock öka sekretion från övre luftvägar och därmed resultera i andnöd, vilket vanligen motverkas av atropin som sannolikt redan administrerats vid nervgasförgiftning [42, 43, 63]. Behandling av kramper med ketamin (*status epilepticus*)

har rekommenderats för att undvika skador på vävnaden i CNS vid nervgasförgiftning [64].

Inhalationsanestetikan isofluran har visats ha synergistisk effekt vid förgiftning orsakad av organisk fosforförening genom att motverka kramper och förhindra skada på nervvävnad i CNS [65].

Det muskelrelaxerande läkemedlet succinylkolin, som används under generell anestesi, blockerar effekten av acetylkin och interagerar därmed direkt med den kolinerga överstimulering som orsakas av organiska fosforföreningar. Samtidig förgiftning med organiska fosforföreningar resulterar i längre tid till effekt för succinylkolin och bibehållande av den paralytiska verkan under längre tid på grund av sänkt metabolism [66]. Detta ger att lägre dosering av succinylkolin ska användas vid nervgasförgiftning [63]. Vid användning av ketamin som muskelrelaxant vid förgiftning orsakad av nervgasen sarin uppvisades komplikationer i form av förlängda andningsuppehåll (apné) och andningssvårigheter [67]. Föreslaget är därför att använda rokuronium som muskelrelaxant, en substans som binder till nikotinerga acetylkinreceptorer, för att undvika dessa komplikationer [63].

Vid misstänkt eller konstaterad opioidförgiftning ges naloxonbehandling, vilket möjliggör möjligheten att smärtlindra eller söva med opioida agonister, exempel fentanyl och remifentanyl [34]. Därav krävs tydlig kommunikation mellan olika vårdnivåer för att undvika tillstötande svårigheter vid omhändertagande av kombinationsskadade.

4 Slutsatser och rekommendationer

I denna rapport har kunskapsläget avseende symtom och medicinskt omhändertagande för prioriterade traumaskador och utvalda förgiftningsskador redovisats, samt en sammanställning av tillgänglig litteratur gällande kombinationsskador har genomförts. Baserat på kunskapsöversikten framhålls följande slutsatser och rekommendationer:

1. Utveckla, utbilda och öva enkel differentialdiagnostik för skador orsakade av trauma och kemiska exponeringar

Enkel och säker differentialdiagnostik bör utvecklas för att kombinationsskador både ska kunna identifieras eller uteslutas hos patienter. Denna typ av differentialdiagnostik bör inkludera beskrivning av ett fåtal kritiska symtom som kan nyttjas för diagnos och särskilja förgiftningar från traumaskador. Utbildning i enkel symtomtolkning för kombinationsskadade bör därefter utföras för all personal som verkar i både den civila och militära vårdkedjan. Det säkerställer även effektiv överföring av patienter från militär till civil sjukvård. För närvarande sker separata utbildningar gällande omhändertagandet av dessa skadetyper, vilket försvårar möjligheten att hantera händelser med kombinationsskador. Framförallt inom Försvarsmakten bör kombinationsskador vara förväntade då användning av kemiska stridsmedel i strid ofta kombineras med användande av explosiva stridsdelar.

Tidig identifiering av C-exponering vid omhändertagande av kombinationsskadade patienter minskar även risken för sekundärkontamination till insatspersonal, då beslut om personsanering av den skadade kan tas tidigt i vårdkedjan.

2. Inkludera livräddande åtgärder för båda skadetyperna i samma triagealgoritm

För att underlätta vid triagering och minska utbildnings- och övningsbehov bör båda skadetyperna ingå i samma triagealgoritm med tillhörande åtgärder: insättande av livräddande åtgärder, stoppande av livshotande blödnings, sanering vid behov och administrera relevanta motgifter. Detta kommer att öka chanserna till överlevnad och minska behovet av avancerad sjukvård. Därtill kommer användning av en gemensam triagealgoritm underlätta flödet i vårdkedjan samt förenkla medicinska inriktningsbeslut.

3. Val av personsaneringsmedel som kan användas på intakt och skadad hud

Vid kombinationsskador, med C-exponering med ämne som kräver specifikt personsaneringsmedel för hög effektivitet, bör val av saneringsmedel grundas på att det kan användas på såväl intakt hud som i sår. Detta kommer underlätta omhändertagandet av kombinationsskadade, då inga områden på patienten behöver undvikas samt att tid till avbruten C-exponering förkortas, vilket kan resultera i att patienten undviker att utveckla livshotande symtom som snabbt kräver avancerad sjukvård. Om inte saneringsmedel kan användas i öppna sår bör tydliga rutiner finnas för paketering av kontaminerat sår fram till säkert omhändertagande vid högre vårdnivå.

4. Val av tillgängliga läkemedel för användning på skadeplats

Vid medicinska insatser på skadeplats bör man ha kunskap om att läkemedel kan påverka förgiftningssymtom och därmed komplicera symtomtolkning. Val av läkemedel bör baseras på kunskap att vissa läkemedel kan bli utan verkan till följd av annan pågående medicinsk behandling och att traumabehandling kan förvärra förgiftningssymtom. Företrädesvis bör val av smärtlindrande och sövande läkemedel även ge positiv inverkan på exempelvis andningssvårigheter som orsakats av C-exponering, men det bör också uppmärksammas att sövning ger svårigheter att korrekt bedöma symtom på förgiftning.

5 Referenser

1. Berkenstadt, H., B. Marganitt, and J. Atsmon, *Combined chemical and conventional injuries--pathophysiological, diagnostic and therapeutic aspects*. Isr J Med Sci, 1991. **27**(11-12): p. 623-6.
2. Socialstyrelsen, *Stärkt nationell och regional förmåga vid masskadehändelser*. 2024.
3. Rantakokko, J., M. Garcia Lozano, G. Tolt, L. Thors, and A. Bucht, *Evakuering av skadade med obemannade farkoster - Förstudie*. 2022.
4. Socialstyrelsen, *Händelser med kemikalier - Kunskapsunderlag för hälso- och sjukvården*. 2009: 2009-9-20.
5. Socialstyrelsen, *Personsanering vid händelser med farliga ämnen*. 2005: 2005-107-2.
6. Socialstyrelsen, *Traumavård vid allvarlig händelse*. 2015.
7. NATO, *AMedP-7.1 Medical management of CBRN casualties*. 2018: NATO standardization office (NSO).
8. Baum, G.R., J.T. Baum, D. Hayward, and B.J. MacKay, *Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets*. Orthop Res Rev, 2022. **14**: p. 293-317.
9. Gunther, M., M. Dahlberg, A. Rostami, A. Azadali, U.P. Arborelius, F. Linder, and E. Rostami, *Incidence, Demographics, and Outcomes of Penetrating Trauma in Sweden During the Past Decade*. Front Neurol, 2021. **12**: p. 730405.
10. Backman, P.B., L. Riddez, L. Adamsson, and C.M. Wahlgren, *Epidemiology of firearm injuries in a Scandinavian trauma center*. Eur J Trauma Emerg Surg, 2020. **46**(3): p. 641-647.
11. Nyberger, K., L. Strommer, and C.M. Wahlgren, *A systematic review of hemorrhage and vascular injuries in civilian public mass shootings*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2023. **31**(1): p. 30.
12. Pape, H.C., E.E. Moore, T. McKinley, and A. Sauaia, *Pathophysiology in patients with polytrauma*. Injury, 2022. **53**(7): p. 2400-2412.
13. Unsworth, A., K. Curtis, and S.E. Asha, *Treatments for blunt chest trauma and their impact on patient outcomes and health service delivery*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2015. **23**: p. 17.
14. Hanna, K., L. Bible, M. Chehab, S. Asmar, M. Douglas, M. Ditillo, L. Castanon, A. Tang, and B. Joseph, *Nationwide analysis of whole blood hemostatic resuscitation in civilian trauma*. J Trauma Acute Care Surg, 2020. **89**(2): p. 329-335.
15. Pape, H.C. and L. Leenen, *Polytrauma management - What is new and what is true in 2020 ?* J Clin Orthop Trauma, 2021. **12**(1): p. 88-95.
16. Shapiro, M.B., D.H. Jenkins, C.W. Schwab, and M.F. Rotondo, *Damage control: collective review*. J Trauma, 2000. **49**(5): p. 969-78.
17. Shere-Wolfe, R.F., S.M. Galvagno, Jr., and T.E. Grissom, *Critical care considerations in the management of the trauma patient following initial resuscitation*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2012. **20**: p. 68.
18. Schmitt, J., J. Gurney, P. Aries, and M. Danguy Des Deserts, *Advances in trauma care to save lives from traumatic injury: A narrative review*. J Trauma Acute Care Surg, 2023. **95**(2): p. 285-292.
19. Rossaint, R., A. Afshari, B. Bouillon, V. Cerny, D. Cimpoesu, N. Curry, J. Duranteau, D. Filipescu, O. Grottke, L. Gronlykke, A. Harrois, B.J. Hunt, A. Kaserer, R. Komadina, M.H. Madsen, M. Maegle, L. Mora, L. Riddez, C.S. Romero, C.M. Samama, J.L. Vincent, S. Wiberg, and D.R. Spahn, *The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition*. Crit Care, 2023. **27**(1): p. 80.
20. Mathews, Z.R. and A. Koyfman, *Blast Injuries*. J Emerg Med, 2015. **49**(4): p. 573-87.
21. Cernak, I., J. Savic, D. Ignjatovic, and M. Jevtic, *Blast injury from explosive munitions*. J Trauma, 1999. **47**(1): p. 96-103; discussion 103-4.
22. Gianola, S., G. Castellini, A. Biffi, G. Porcu, A. Napoletano, D. Coclite, D. D'Angelo, M. Di Nitto, A.J. Fauci, O. Punzo, P. Iannone, O. Chiara, and g. Italian National Institute of Health guideline working, *Volume replacement in the resuscitation of trauma patients with acute hemorrhage: an umbrella review*. Int J Emerg Med, 2023. **16**(1): p. 87.

23. Lee, C., T.E. Rasmussen, H.C. Pape, J.L. Gary, J.P. Stannard, and J.M. Haller, *The polytrauma patient: Current concepts and evolving care*. OTA Int, 2021. **4**(2 Suppl).
24. Dobson, G.P., J.L. Morris, and H.L. Letson, *Pathophysiology of Severe Burn Injuries: New Therapeutic Opportunities From a Systems Perspective*. J Burn Care Res, 2024. **45**(4): p. 1041-1050.
25. Mertin, V., P. Most, M. Busch, S. Trojan, C. Taping, V. Haug, U. Kneser, and G. Hundeshagen, *Current understanding of thermo(dys)regulation in severe burn injury and the pathophysiological influence of hypermetabolism, adrenergic stress and hypothalamic regulation-a systematic review*. Burns Trauma, 2022. **10**: p. tkac031.
26. Smolle, C., J. Cambiaso-Daniel, A.A. Forbes, P. Wurzer, G. Hundeshagen, L.K. Branski, F. Huss, and L.P. Kamolz, *Recent trends in burn epidemiology worldwide: A systematic review*. Burns, 2017. **43**(2): p. 249-257.
27. MacLennan, L. and N. Moiesen, *Management of cyanide toxicity in patients with burns*. Burns, 2015. **41**(1): p. 18-24.
28. Tunemalm, A.K., L. Elfsmark, M. Granström, L. Noppa, J. Torpsten, and L. Thors, *Dimensionering av förmåga avseende farliga ämnen CBRN*. 2023.
29. Socialstyrelsen, *Nyckeltal och dimensionerande målbilder för hälso- och sjukvårdens planering för civilt försvar*. 2023.
30. Thors, L., E. Wigenstam, and A. Bucht, *Personsanering efter exponering för kemiska ämnen - Rekommendationer till förbättrad saneringsmetodik*. 2021. **FOI-R--5140--SE**.
31. Thors, L., E. Wigenstam, and A. Bucht, *Medicinska motmedel vid förgiftning orsakad av kemiska stridsmedel - Omvärldsanalys av klinisk användning, aktuell forskning och utveckling*. 2022.
32. Thors, L. and A. Bucht, *Symtomutveckling vid förgiftning av nervgaser och opioider*. 2020. **FOI-R--4968--SE**.
33. Giftinformationscentralen. *Nervgaser*. 2022 [cited 2022 April 11]; Available from: <https://giftinformation.se/lakare/substanser/nervgaser/>.
34. Giftinformationscentralen. *Fentanyl*. 2022 [cited 2022 April 11]; Available from: <https://giftinformation.se/lakare/substanser/fentanyl/>.
35. Thors, L., L. Oberg, E. Forsberg, E. Wigenstam, A. Larsson, and A. Bucht, *Skin penetration and decontamination efficacy following human skin exposure to fentanyl*. Toxicology In Vitro, 2020. **67**: p. 104914.
36. Thors, L., E. Wigenstam, and A. Bucht, *Triagemetodik vid exponering för kemiska ämnen*. 2019 FOI-R--4726--SE.
37. Giftinformationscentralen. *Senapsgas*. 2022 [cited 2022 April 11]; Available from: <https://giftinformation.se/lakare/substanser/senapsgas/>.
38. Giftinformationscentralen. *Retande gaser*. 2022 [cited 2022 April 11]; Available from: <https://giftinformation.se/lakare/substanser/retande-gaser/>.
39. Giftinformationscentralen. *Antidotregister*. 2020.
40. Eddleston, M. and F.R. Chowdhury, *Organophosphorus poisoning: the wet opioid toxidrome*. Lancet, 2021. **397**(10270): p. 175-177.
41. Thors, L. and A. Bucht, *Förändringar i vitalparametrar hos kemiskt skadade individer*. 2024.
42. Cosar, A. and L. Kenar, *An anesthesiological approach to nerve agent victims*. Mil Med, 2006. **171**(1): p. 7-11.
43. Ben Abraham, R., V. Rudick, and A.A. Weinbroum, *Practical guidelines for acute care of victims of bioterrorism: conventional injuries and concomitant nerve agent intoxication*. Anesthesiology, 2002. **97**(4): p. 989-1004.
44. NATO, *AMedP-7.2: CBRN First Aid Handbook*. 2018: NATO standardization office (NSO).
45. Moscicki, K., A. Lindhagen, S. Lönnqvist, and C.-O. Jonson, *Masskadetriage. Underlag för utredning av nationellt införande av ett masskadetriagesystem*. . 2022(KMC-FO-2022-06).
46. Dorandeu, F., C. Singer, S. Chatfield, R.P. Chilcott, and J. Hall, *Exposure to organophosphorus compounds: best practice in managing timely, effective emergency responses*. Eur J Emerg Med, 2023. **30**(6): p. 402-407.

47. Graham, J.S., T.W. Gerlach, T.P. Logan, J.P. Bonar, R.J. Fugo, R.B. Lee, and M.A. Coatsworth, *Methods of advanced wound management for care of combined traumatic and chemical warfare injuries*. Eplasty, 2008. **8**: p. e34.
48. Rocksen D, G.D., Arborelius U, Malm E, Bursell J, Angeria M, Persson SÅ, Claesson O, *Studie av saneringsmedlet RSDL:s effekter vid användning i sårskador*. 2008: FOI-R--2432--SE.
49. Connolly, J.M., R.S. Stevenson, R.F. Railer, O.E. Clark, K.A. Whitten, R.B. Lee-Stubbs, and D.R. Anderson, *Impairment of wound healing by reactive skin decontamination lotion (RSDL((R))) in a Gottingen minipig((R)) model*. Cutan Ocul Toxicol, 2020. **39**(2): p. 143-157.
50. Walters, T.J., D.S. Kauvar, J. Reeder, and D.G. Baer, *Effect of reactive skin decontamination lotion on skin wound healing in laboratory rats*. Mil Med, 2007. **172**(3): p. 318-21.
51. Dalton, C., C. Hall, H. Lydon, J. Jenner, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, *The percutaneous absorption of soman in a damaged skin porcine model and the evaluation of WoundStat™ as a topical decontaminant*. Cutan Ocul Toxicol, 2018. **37**(2): p. 172-179.
52. Dalton, C.H., C.A. Hall, H.L. Lydon, J.K. Chipman, J.S. Graham, J. Jenner, and R.P. Chilcott, *Development of haemostatic decontaminants for the treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 2: evaluation of in vitro topical decontamination efficacy using undamaged skin*. J Appl Toxicol, 2015. **35**(5): p. 543-50.
53. Hall, C.A., H.L. Lydon, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, *The percutaneous toxicokinetics of Sulphur mustard in a damaged skin porcine model and the evaluation of WoundStat as a topical decontaminant*. J Appl Toxicol, 2017. **37**(9): p. 1036-1045.
54. Hall, C.A., H.L. Lydon, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, *Development of haemostatic decontaminants for the treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 1: evaluation of in vitro clotting efficacy in the presence of certain contaminants*. J Appl Toxicol, 2015. **35**(5): p. 536-42.
55. Lydon, H., C. Hall, H. Matar, C. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, *The percutaneous toxicokinetics of VX in a damaged skin porcine model and the evaluation of WoundStat as a topical decontaminant*. J Appl Toxicol, 2018. **38**(3): p. 318-328.
56. Lydon, H.L., C.A. Hall, C.H. Dalton, J.K. Chipman, J.S. Graham, and R.P. Chilcott, *Development of haemostatic decontaminants for treatment of wounds contaminated with chemical warfare agents. 3: Evaluation of in vitro topical decontamination efficacy using damaged skin*. J Appl Toxicol, 2017. **37**(8): p. 976-984.
57. Dorandeu, F., J.R. Mikler, H. Thiermann, C. Tenn, C. Davidson, T.W. Sawyer, G. Lallement, and F. Worek, *Swine models in the design of more effective medical countermeasures against organophosphorus poisoning*. Toxicology, 2007. **233**(1-3): p. 128-44.
58. Clement, J.G., *Sodium pentobarbital alteration of the toxicity and distribution of soman (pinacolyl methylphosphonofluoridate) in mice*. Biochem Pharmacol, 1984. **33**(4): p. 683-5.
59. Puu, G., M. Koch, and E. Artursson, *Ketamine enantiomers and acetylcholinesterase*. Biochem Pharmacol, 1991. **41**(12): p. 2043-5.
60. Koutsovit-Papadopoulou, M., G. Kounenis, and V. Elezoglou, *Ketamine protects acetylcholinesterase against inhibition by propoxur and phoxim*. Pharmacol Res, 1994. **30**(2): p. 117-22.
61. Puu, G. and M. Koch, *Comparison of kinetic parameters for acetylthiocholine, soman, ketamine and fasciculin towards acetylcholinesterase in liposomes and in solution*. Biochem Pharmacol, 1990. **40**(10): p. 2209-14.
62. Weinbroum, A.A., V. Rudick, G. Paret, Y. Kluger, and R. Ben Abraham, *Anaesthesia and critical care considerations in nerve agent warfare trauma casualties*. Resuscitation, 2000. **47**(2): p. 113-23.
63. Candiotti, K., *A primer on nerve agents: what the emergency responder, anesthesiologist, and intensivist needs to know*. Can J Anaesth, 2017. **64**(10): p. 1059-1070.

64. Dorandeu, F., F. Dhote, L. Barbier, B. Baccus, and G. Testylier, *Treatment of status epilepticus with ketamine, are we there yet?* CNS Neurosci Ther, 2013. **19**(6): p. 411-27.
65. Puthillathu, N., J.R. Moffett, A. Korotcov, A. Bosomtwi, R. Vengilote, J.K.S. Krishnan, E.A. Johnson, P. Arun, and A.M. Namboodiri, *Brief isoflurane administration as an adjunct treatment to control organophosphate-induced convulsions and neuropathology.* Front Pharmacol, 2023. **14**: p. 1293280.
66. Hulse, E.J., J.D. Haslam, S.R. Emmett, and T. Woolley, *Organophosphorus nerve agent poisoning: managing the poisoned patient.* Br J Anaesth, 2019. **123**(4): p. 457-463.
67. Duncan, E.J., J.D. Conley, K.D. Grychowski, S.A. Conley, P.M. Lundy, M.G. Hamilton, and T.W. Sawyer, *A comparison of the effects of sarin and succinylcholine on respiratory parameters in anesthetized domestic swine.* Mil Med, 2001. **166**(4): p. 322-7.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-555 030
00 Fax: 08-555
031 00
www.foi.se



**Karolinska
Institutet**

KI
171 77 Stockholm

Tel: 08-524 800 00

www.ki.se