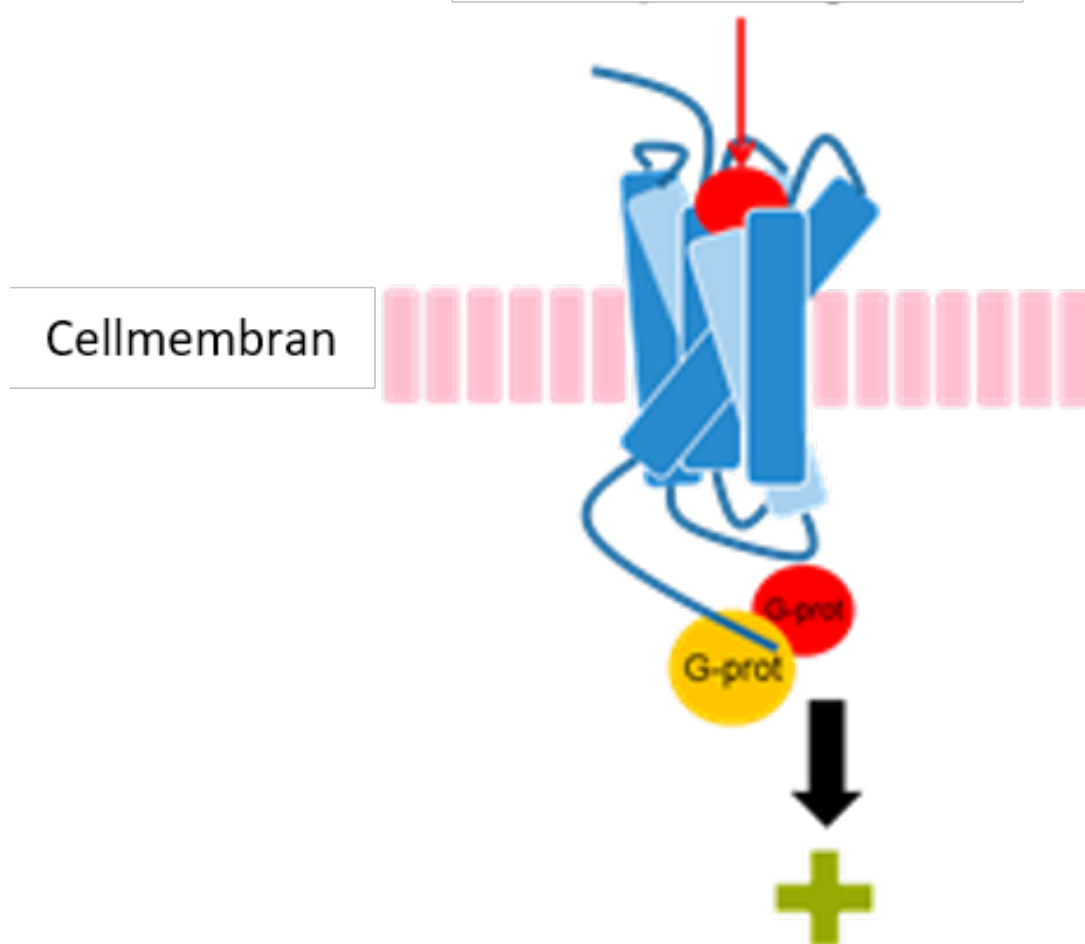


LINA THORS, ANDREAS LARSSON, ROBIN AFSHIN-SANDER,
MAGNUS ENGQVIST, NINA FORSGREN, CHRISTINE AKFUR,
TERESE KARLSSON, EMMA FORSBERG, ELISABETH WIGENSTAM,
LARS LANDSTRÖM, PER-OLA ANDERSSON, JOHANNA QVARNSTRÖM,
LINDA ÖBERG, ANDERS BUCHT

Inbindning av substans



Lina Thors

Andreas Larsson, Robin Afshin-Sander, Magnus Engqvist,
Nina Forsgren, Christine Akfur, Terese Karlsson, Emma
Forsberg, Elisabeth Wigenstam, Lars Landström, Per-Ola
Andersson, Johanna Qvarnström, Linda Öberg, Anders Bucht

Läkemedelsliknande ämnen

Slutrapport 2017-2019

Titel	Läkemedelsliknande ämnen– Slutrapport 2017-2019
Title	Pharmaceutical-based agents – Final report 2017-2019
Rapportnr/Report no	FOI-R--4876--SE
Månad/Month	12
Utgivningsår/Year	2019
Antal sidor/Pages	18
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsdepartementet
Forskningsområde	CBRN-frågor
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	A408419
Godkänd av/Approved by	Åsa Scott
Ansvarig avdelning	CBRN-skydd och säkerhet

Bild/Cover: 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

Projektet *Läkemedelsliknande ämnen* initierades under 2017 som en särskild satsning från FOI:s styrelse och är sedan 2019 ett anslagsprojekt finansierat av Försvarsdepartementet. Syftet är att möta behovet av grundläggande kunskap om läkemedelsliknande ämnen som kan utgöra potentiella hot. Primärt utreds substansernas egenskaper kopplade till deras effekter samt skyddsbehov i form av sanering, indikering och medicinska motmedel. Initialt har ämnen med lugnande och/eller sövande egenskaper prioriterats, i första hand substanser som påverkar opioida receptorer i det centrala nervsystemet.

Forskningsaktiviteterna inkluderar experimentella studier gällande kemi, biologiska effekter och skydd. För att möjliggöra studierna har nya experimentella metoder utvecklats inom projektet samt samverkan skett med andra anslagsprojekt som bidragit till genomförandet. Det har utvecklats en kapacitet inom projektet att bedöma opioida substansers effekter och skyddsbehov baserat på flertalet experimentella metoder som enskilt besvarar kritiska frågeställningar och tillsammans resulterar i en sammanfattande bedömning.

Nyckelord: Läkemedelsliknande ämnen, kemi, effekter, medicinska motmedel, hudpenetration, sanering, indikering

Summary

The project *Pharmaceutical-based agents* was initiated in 2017 by the board of FOI and from 2019, the project is founded by the Ministry of Defence (MoD). The aim is to increase the knowledge of pharmaceutical-based agents that may pose potential threat properties. Initial basic understanding are based on their effects related to chemical properties and the need for protection such as skin decontamination, medical countermeasures and detection. Primarily has substances with sedative and/or anaesthetic properties been prioritized, mainly substances that affect opioid receptors in the central nervous system.

Research activities include experimental studies on chemistry, biological effects and protection. To facilitate studies, new experimental methods have been established and collaboration with a selection of MoD-projects has been critical for further development. The project has improved the capacity to assess effects of opioid substances and the protective needs based on several experimental methods that individually response to critical issues and together result in a comprehensive assessment.

Keywords: Pharmaceutical-based agents, chemistry, effects, medical countermeasures, skin penetration, decontamination, detection

Innehållsförteckning

1	Syfte och övergripande mål.....	7
2	Slutsatser från genomförd forskning 2017-2019	8
3	Samarbeten.....	9
3.1	Internationella samarbeten.....	9
3.1.1	Bilateralt samarbete: FOI och Dstl (Storbritannien)	9
3.1.2	Bilateralt samarbete: FOI och CCDC CBC och MRICD (USA)	9
3.1.3	Trilateralt samarbete: FOI, TNO (Nederländerna) och DRDC (Kanada)	9
3.1.4	Bilateralt samarbete: FOI och DST (Australien).....	9
3.2	Samarbeten med universitet och högskola	9
3.3	Interna samarbeten	9
4	Experimentell verksamhet	10
4.1	Kemi.....	10
4.2	Effekter.....	10
4.2.1	Hudpenetration	10
4.2.2	Blodhjärnbarriärmodell.....	12
4.2.3	Påverkan på målreceptorn.....	13
4.2.4	Nedbrytning i levern.....	14
4.3	Skydd.....	15
4.3.1	Personsaneringsstudier	15
4.3.2	Medicinska motmedel vid opioidförgiftning	16
4.3.3	Indikering av fentanylsubstanser	17
5	Vetenskapligt manuskript.....	18
5.1	Skin penetration and decontamination efficacy following human skin exposure to fentanyl.....	18

1 Syfte och övergripande mål

Syftet med projektet är att bedöma det potentiella kemiska hot som läkemedelsbaserade substanser kan utgöra. De utvalda ämnen som innefattas i projektet har huvudsaklig effekt i det centrala nervsystemet med primärt lugnande och/eller sövande egenskaper. Under projektperioden har opioida substanser prioriterats.

Projektet medverkar till att generera kunskap om högtoxiska substanser som inte ingår i den lista över kemiska agens som innefattas i *Organisationen för förbud mot kemiska vapen:s* (OPCW) konvention mot kemiska vapen, vilka ska deklarerats till OPCW. Dock omfattas alla kemikalier av kemvapenkonventionen om de används som vapen. Projektets aktiviteter innefattar tillämpade experimentella studier inom områdena kemi, biologiska effekter, medicinska motmedel, personsanering och indikering. För att optimera forskningsaktiviteterna har samverkan skett med flertalet anslagsprojekt.

Under 2017-2018 finansierades projektet med interna medel genom särskild satsning av FOI:s styrelse. Från och med 2019 utökades FOI:s anslag för att möta det ökade behovet av forskningsverksamhet angående läkemedelsliknande ämnen och därmed initierades det aktuella projektet.

2 **Slutsatser från genomförd forskning 2017-2019**

Inom projektet *Läkemedelsliknande ämnen* har experimentell verksamhet bedrivits inom flertalet vetenskapliga områden. Resultaten har givit följande slutsatser:

- Hudpenetrationsförmågan hos fentanyl är starkt beroende av exponeringsförhållanden. Svetteig hud ökar signifikant penetrationen, särskilt för den fria basen av fentanyl.
- Fentanyl har god förmåga att passera blod-hjärnbarriären för att nå målreceptorn i det centrala nervsystemet.
- Genom att nyttja en cellbaserad modell som uttrycker μ -opioida receptorer är det möjligt att särskilja olika fentanylanalogs förmåga att påverka målreceptorn. Detta är av särskild nytta för bestämning av okända analogers effekt.
- Fentanylanalogs har varierande motståndskraft mot nedbrytning i levern. Detta influerar den faktiska effekten en substans har på människokroppen utöver dess påverkan på målreceptorn.
- Efter hudexponering för fentanyl bör sanering ske med enkla metoder som vattensköljning eller tvätt med tvål och vatten. Specifika saneringsmedel, vilka ofta är specifika för kemiska stridsmedel, uppvisar ingen högre saneringseffektivitet för fentanyl. Tidigt initierad sanering är viktigt för borttagning av substans.
- De medicinska motmedlen naloxon och naltrexon uppvisar god effektivitet mot fentanyl och utvalda fentanylanalogs.
- Fentanylsubstanser kan indikeras med spektroskopiska mätmetoder i laboriemiljö.

3 Samarbeten

3.1 Internationella samarbeten

3.1.1 Bilateralt samarbete: FOI och Dstl (Storbritannien)

Det bilaterala samarbetet omfattar effekter och medicinsk behandling vid exponering för läkemedelsliknande ämnen. Exempel på specifikt angivna områden för samarbetet är metoder för framställning av substanser, mätning av substansers effekt på dess målreceptor samt hudpenetration och personsanering. Nytt 3-årigt projektavtal initierades under 2018.

3.1.2 Bilateralt samarbete: FOI och CCDC CBC och MRICD (USA)

Under befintligt avtal mellan länderna sker informationsutbyte gällande forskningsaktiviteter i respektive land.

3.1.3 Trilateralt samarbete: FOI, TNO (Nederländerna) och DRDC (Kanada)

Det trilaterala samarbetet inom medicinska motmedel (NeMoCome) har under 2019 förberett för nytt projektavtal för 2020-2022 som kommer innefatta läkemedelsliknande ämnen. Två fysiska möten har genomförts under 2019 för planering av kommande projektavtal.¹ Nuvarande samarbetsavtal som i huvudsak omfattar forskning om medicinska motmedel mot nervgaser avslutas i november 2019.

3.1.4 Bilateralt samarbete: FOI och DST (Australien)

Under 2019 har forskare från DST besökt FOI för presentationer av forskningsaktiviteter vid respektive institut och diskussion gällande framtida samverkan.² Framtagande av avtal för bilateralt informationsutbyte kommer ske under kommande projektperiod.

3.2 Samarbeten med universitet och högskola

Den forskning som bedrivs i projektet *Läkemedelsliknande ämnen* sker med följande UoH-samarbeten (specifik forskningsaktivitet):

- Umeå universitet, Institutionen för farmakologi och klinisk neurovetenskap (blod-hjärnbarriären)
- Kungliga Tekniska Högskolan (blod-hjärnbarriären)

3.3 Interna samarbeten

Projektet *Läkemedelsliknande ämnen* samarbetar med följande anslagsprojekt vid FOI:

- Kemiska toxiska ämnen
- CBR-sanering
- Skyddsaspekter på kemiska hot
- Kemisk analys av hotämnen – för FM behov

¹ 29-30 januari 2019, Umeå och 17-18 december 2019, Rijswijk/Nederländerna

² 11 november 2019, Umeå samt 13 november 2019, Kista

4 Experimentell verksamhet

Den experimentella verksamheten har under 2017-2019 omfattat aktiviteter inom följande områden:

- Kemi (framställning av substanser)
- Biologiska effekter (upptag via hud och blod-hjärnbarriären, påverkan på målreceptorn, nedbrytning i levern)
- Skydd (personsanering, medicinska motmedel och indikering)

4.1 Kemi

Framställning av opioida substanser har skett i samverkan med anslagsprojektet *Kemiska Toxiska Ämnen*. Under 2017-2019 har syntetiska opioider framställts vid FOI och dessa har utvärderats med flertalet experimentella metoder. Initialt har valet av substanser baserats på dokumenterad användning vid polisinsatser³ och nya analoger som identifierats i missbrukskretsar.⁴

Aktiviteter inom området Kemi kommer från och med 2020 övergå till anslagsprojektet *Kemiska Toxiska Ämnen*.

4.2 Effekter

För att öka kunskapen om effekter på människokroppen av opioida substanser har flertalet cell- eller vävnadsbaserade metoder etablerats. Sammantaget ger dessa metoder en god bedömningsförmåga gällande sådana substanser.

4.2.1 Hudpenetration

För att utreda riskerna för toxiska effekter vid hudkontakt med opioida substanser har studier genomförts i FOI:s väletablerade hudpenetrationsmodell i vilken människohud används. Riskerna vid hudexponering för fentanylsubstanser finns inte tidigare rapporterade i den vetenskapliga litteraturen.

Hudpenetrationsförmågan hos fentanyl har utretts genom att exponera substanserna i olika former:

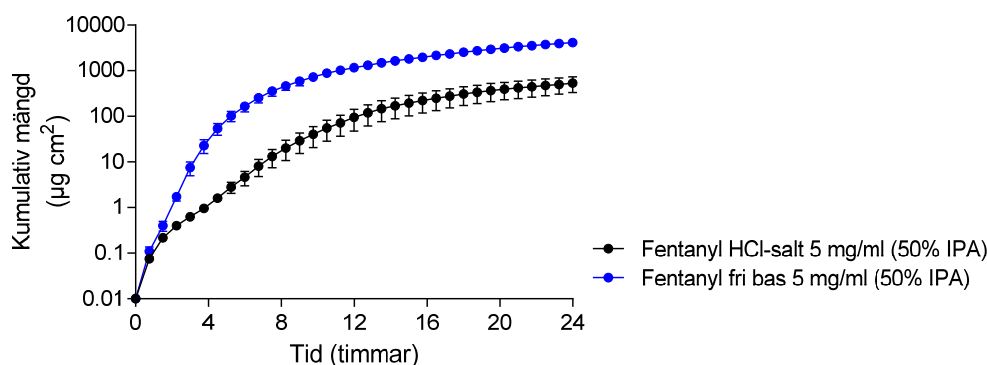
- Fri bas (fettlöslig) och hydrokloridsalt (vattenlöslig)
- Lösning eller pulver

Därtill har vi utrett påverkan av svettig hud vid exponering för fentanyl.

Initialt exponerades fentanyl på hud i lösning där den fria basen uppvisade bättre hudpenetrationsförmåga i jämförelse med hydrokloridsalt av fentanyl (se figur 1). Detta är väl överensstämmande med kunskapen att substanser med högre fettlöslighet har bättre hudpenetrationsförmåga.

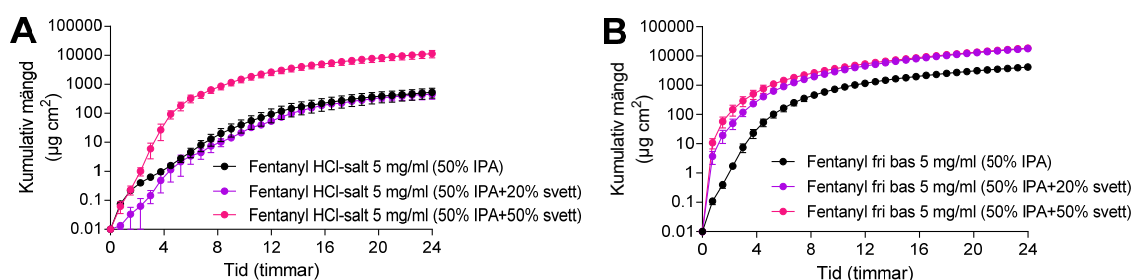
³ Riches JR1, Read RW, Black RM, Cooper NJ, Timperley CM. Analysis of clothing and urine from Moscow theatre siege casualties reveals carfentanil and remifentanil use. *J Anal Toxicol*. 2012 Nov-Dec;36(9):647-56.

⁴ The Swedish Police Authority Swedish National Threat Assessment on fentanyl analogues and other synthetic opioids. A503.217/2017



Figur 1. Hudpenetration genom människohud av fentanyl exponerad i lösning innehållande 50 % isopropylalkohol (IPA). n=6.

I fortsatta studier utvärderades påverkan av svett på hudpenetrationen av fentanyl i lösning. För fentanylsaltet gav tillsatts av 50 % svett en signifikant ökning av mängd substans som penetrerade hud. Exponering för fentanylsalt i lösning innehållande 20 % svett resulterade inte i förändrad hudpenetration jämfört med lösning utan svett. För fentanyl som fri bas gav 20 % och 50 % svett likvärd signifikant ökad hudpenetration i jämförelse med fri bas i lösning utan svett.



Figur 2. Hudpenetration genom människohud av fentanyl exponerad i lösning med eller utan svett inkluderat. A) Fentanyl salt och B) fentanyl fri bas. n=5-6.

Exponering för fentanylpulver på torr eller svettig hud resulterade i avsevärd lägre mängder fentanyl som penetrerade hud i jämförelse med tidigare studier av fentanyllösningar (se figur 3). Fri bas eller salt av fentanylpulver exponerad på torr hud uppvisade minimal hudpenetrationsförmåga över 24 h. Fentanylpulver exponerad på svettig hud gav signifikant större mängd av substans som penetrerade hud, framförallt för den fria basen där påverkan av svett var betydligt högre jämfört med exponering på torr hud.

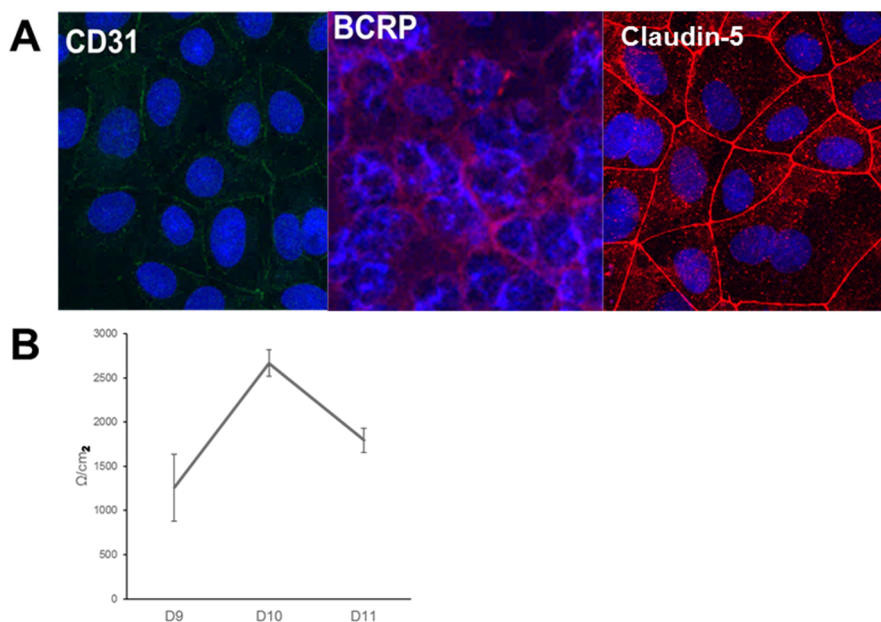
Figur 3. Penetration av fentanyl, fri bas eller salt, exponerad i pulverform på torr eller svettig människohud. n=6-7.

Sammantaget visar studierna att exponeringsförhållandena har stor påverkan på förmågan hos fentanyl att penetrera hud.

4.2.2 Blodhjärnbarriärmodell

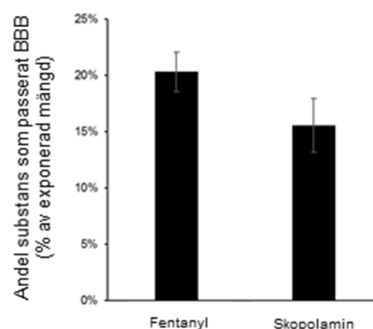
Blod-hjärnbarriären (BBB) har som uppgift att skydda det centrala nervsystemet (CNS) från skadliga substanser. Transport över barriären sker antingen passivt, där substansers molekylstorlek och fysikalkemiska egenskaper är av betydelse, eller via aktiva transportmekanismer. Barriären har även mekanismer för att föra substanser ut från CNS tillbaka till blodcirkulationen.

Under 2017-2019 har en BBB-modell baserad på stamceller från människa etablerats för att möjliggöra studier av opioida substansers förmåga att nå CNS där de utför sin primära verkan. Metoden har initialt validerats för uttryck av viktiga markörer och egenskaper för BBB (se figur 4). För att kunna identifiera dessa har olika fluorescerande infärgningar använts, vilka påvisade att cellmodellen besitter de egenskaper som behövs för att studera BBB-transport av icke kroppsegna substanser. Resistensmätning, s.k. TEER-mätning, uppvisar också att cellmodellen har god barriärförmåga.



Figur 4. Validering av blodhjärnbarriärmodell gällande A) uttryck av markörer för specifika celler (exempel: CD31), transportproteiner (exempel: BCRP) och kopplingar mellan celler (exempel: claudin-5) samt B) resistensmätning över barriären, s.k. TEER-mätning.

Fentanyl uppvisar god förmåga att passera BBB (se figur 5). I jämförelse med skopolamin (antikolinergt läkemedel med erkänt god förmåga att nå CNS) uppmättes en högre andel fentanyl passera BBB.



Figur 5. Penetration av fentanyl över blod-hjärnbarriären. Resultaten visar andel substans som passerat barriären i proportion till exponerad mängd. Skopolamin inkluderades som kontrollsubstans.

Under projektperioden har studierna presenterats vid två internationella konferenser.⁵ Fortsatta studier kommer innefatta jämförelse av flertalet fentanylanalogers penetrationsförmågan över BBB.

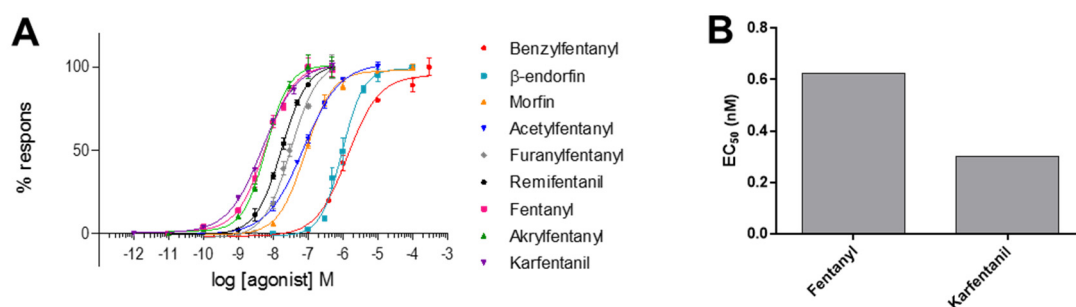
4.2.3 Påverkan på målreceptorn

Fentanyl och dess analoger påverkar primärt de μ -opioida receptorerna i CNS vilket leder till lugnande och sövande effekter. Trots att dessa substanser är mycket lika i dess kemiska struktur uppvisade de olikheter i påverkan på målreceptorn.

FOI har etablerat en cellbaserad metod för att möjliggöra bestämning av opioida substansers verkan vid dess målreceptor. De olika substansernas förmåga att aktivera de μ -opioida receptorerna analyseras med hjälp av cellinje med de specifika receptorerna överuttryckta. Initialt har substansernas receptorpåverkan bedömts baserat på den frisättning av kalcium som sker vid receptoraktivering, vilket är en enkel mätmetod. För högpotenta substanser har receptorpåverkan genom påverkan av cykliskt AMP (cAMP)-nivåer använts, vilket är en känsligare och mer komplicerad metod.

Under 2017-2019 har flertalet fentanylstanser utretts för dess förmåga att aktivera de μ -opioida receptorerna (se figur 6). Bland de olika fentanylstanserna är dess verkan mycket varierande, där fentanyl och karfentanil uppvisar högst effekt. Därtill kan även skillnader i potens mellan fentanyl och karfentanil påvisas med hjälp av cAMP-metoden.

⁵ 13th International Conference on Cerebral Vascular Biology (juni 2019), USA, och 13th CBRNe Protection Symposium (september 2019), Sverige.



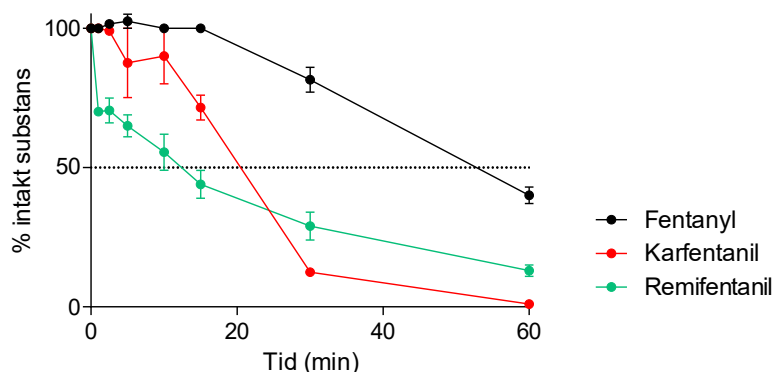
Figur 6. Aktivering av den μ -opioida receptorn av flertalet opioidsubstanser analyserad med A) kalciumrespons och B) cykliskt AMP.

Resultaten visar att metoden möjliggör en snabb och tillförlitlig bedömning av förmågan hos fentanylanaloger att aktivera dess målreceptor. Metoder för att bedöma potensen hos läkemedelsliknande ämnen har presenterats vid internationell vetenskaplig konferens.⁶

4.2.4 Nedbrytning i levern

Utöver förmågan att påverka dess målreceptor är tiden en substans är aktiv i kroppen viktig för dess toxiska potential. Ämnen som tagits upp i blodcirkulationen passerar levern, vilket är det primära organ i kroppen som bryter ned (metaboliserar) substanser med hjälp av enzymer.

För att möjliggöra bedömning av hur länge fentanylsubstanter är aktiva i kroppen har en metod baserad på levermikrosomer från människa etablerats vid FOI. Flertalet fentanylsubstanter har utvärderats för dess levermetabolism och som exempel på skillnader i resistens mellan substanser visas fentanyl, karfentanil och remifentanyl (se figur 7).



Figur 7. Levermetabolism av fentanyl, karfentanil och remifentanyl.

Proverna nyttjas även i anslagsprojektet *Kemisk analys av hotämnen – för FM behov* gällande utveckling av verifikationsmetoder. Metodiken för att definiera metabolism kommer vidareutvecklas under 2020 genom att etablera ett experimentellt system som innefattar intakta människoceller från lever. Denna metodik kommer resultera i bättre möjlighet att identifiera samtliga metaboliska nedbrytningsprodukter av läkemedelsliknande ämnen.

⁶ 21st US Army Medical Defense Bioscience Review (april 2018), USA

4.3 Skydd

Effektivitet av personsaneringsmetoder efter fentanylexponering, verkan av medicinska motmedel för opioida substanser samt förmåga att indikera läkemedelsliknande ämnen har utretts i projektet.

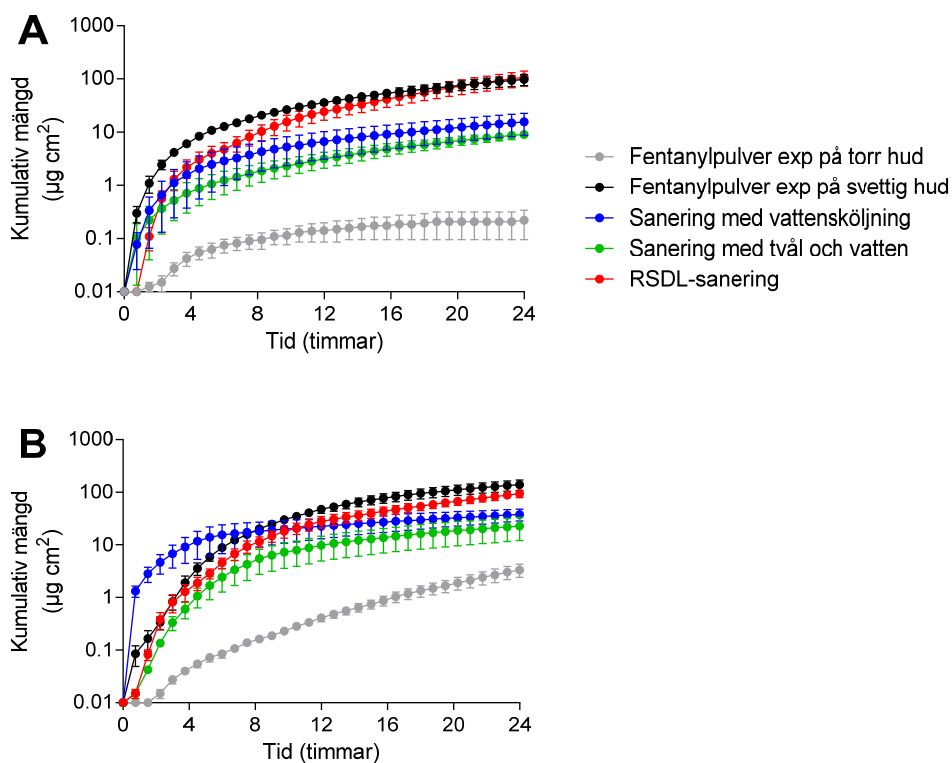
4.3.1 Personsaneringsstudier

Utvärdering av personsaneringsprocedurer har studerats vid FOI under de senaste åren gällande effektivitet efter hudexponering för nervgas eller industrikemikalier. Dessa studier har visat svårigheter att identifiera saneringsprocedurer med generell effektivitet för olika kemikalier. De tidigare studierna har i detta projekt kompletterats med utvärdering av saneringseffektivitet efter hudexponering för fentanyl. Följande saneringsmetoder har utvärderats:

- Enkla metoder: skölja med vatten eller tvätt med tvål och vatten.
- Personsaneringsmedel: personsaneringsmedel 104 (PS104), Reactive Skin Decontamination Lotion (RSDL) och AlaldecontMED.

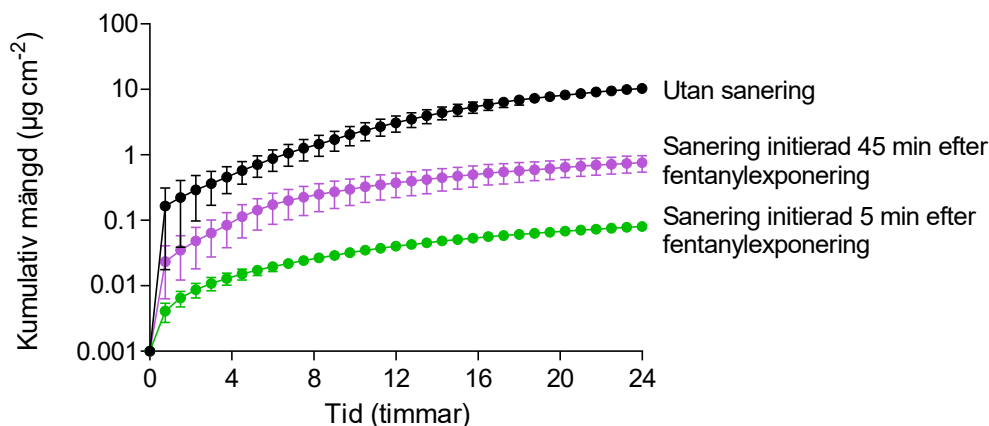
Sanering har initierats efter 5 min eller 45 min och utförts efter hudexponering för fentanyl i lösning eller som pulver.

Studierna visar att sköljning med vatten eller tvätt med tvål och vatten är effektivast efter hudexponering för fentanyl. Detta gäller oavsett om substansen är exponerad på hud i lösning eller som pulver (se figur 8 för sanering efter pulverexponering). Dock är effektiviteten olika för RSDL-sanering beroende på i vilken form fentanyl exponerats. Efter exponering för fentanyllösning observerades en tydlig saneringseffektivitet för RSDL i jämförelse med pulverexponering där ingen signifikant saneringseffekt kunde påvisas.



Figur 8. Hudpenetration av fentanyl i experiment med eller utan sanering av fentanylpulver. Sanering initierades efter 5 min av substans exponering. A) Exponering för fentanylsalt och B) pulver av fri bas fentanyl.

Tidigt initierad sanering är även av största vikt efter hudexponering för fentanyl, där saneringseffekten är betydligt större när sanering initierades efter 5 min i jämförelse med efter 45 min (se figur 9 för sanering med RSDL efter hudexponering för fentanyllösning).

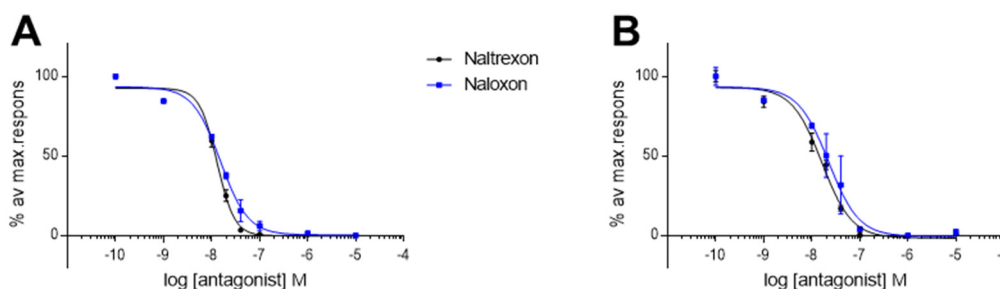


Figur 9. Hudpenetration av fentanyl i experiment med eller utan RSDL-sanering av fentanylsalt i lösning.

Sammanfattningsvis bör sanering med tvål och vatten rekommenderas efter exponering för fentanylsubstans. För att möjliggöra rekommendationer gällande saneringsrutiner för olika kemikaliegrupper sker samverkan med anslagsprojektet *Skyddsaspekter på kemiska hot*. Saneringsstudien har presenterats vid tre internationella vetenskapliga konferenser.⁷

4.3.2 Medicinska motmedel vid opioidförgiftning

Genom att nyttja den cellbaserade metod som använts för bestämning av opioida substansers verkan vid dess målreceptor (se avsnitt 4.2.3) har effektivitet hos de medicinska motmedlen naloxon och naltrexon utretts. Motmedlens förmåga att upphäva effekten av fentanyl och flertalet analoger har i samtliga fall varit god. Som exempel visas effektiviteten av naloxon och naltrexon efter exponering för fentanyl och remifentanyl (se figur 10).



Figur 10. Motmedelsverkan av naloxon och naltrexon vid μ -opioidreceptorn efter exponering för A) fentanyl och B) remifentanyl. Effekten är analyserad med förändring i kalciumrespons.

⁷ 17th Medical Chemical Defense Conference (mars 2019), Tyskland
3rd International Conference CBRNE - Research & Innovation (maj 2019), Frankrike
13th CBRNe Protection Symposium (september 2019), Sverige

4.3.3 Indikering av fentanylsubstanser

Under 2019 har spektroskopiska mätmetoder för olika läkemedelsliknande ämnens signaturer utretts i syfte att skapa kunskap om möjligheter till snabb indikering. Studien har genomförts i samverkan med anslagsprojektet *BC-indikering* där testuppställning för generering och övervakning av aerosoler utvecklats. Studien av fentanylsubstanser kommer sammanfattas i separat FOI-rapport.⁸

⁸ L Landström, PO Andersson, (2019). Fluorescence and Raman measurements on different synthetic opioids. FOI-D--0934--SE

5 Vetenskapligt manuskript

Under projektperioden har ett manuskript sammanställts för att under 2020 publiceras i vetenskaplig tidskrift efter *peer-review* granskning.

5.1 Skin penetration and decontamination efficacy following human skin exposure to fentanyl⁹

Manuskriptet omfattar de studier av hudpenetration av fentanyl som genomförts för att utreda kontaktrisker samt den grundliga undersökning av saneringsprocedurer som utförts (se sammanfattning i avsnitt 4.2.1 och 4.3.1). Efterfrågan av denna information har kommit från både nationella och internationella organisationer. Manuskriptet kommer att skickas till *Toxicology In vitro* för publicering.

⁹ L Thors, E Forsberg, E Wigenstam, L Öberg, J Qvarnström, A Larsson, A Bucht. Skin penetration and decontamination efficacy following human skin exposure to fentanyl. Manuskript.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se