

Mia Heiskanen & Ainomaija Hyry

## **HERMOKAASUMYRKYTYKSEN PATOFYSIOLOGIA JA KOHDENNETTU LÄÄKEHOITO ENSIHOIDOSSA**

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus



# **HERMOKAASUMYRKYTYKSEN PATOFYSIOLOGIA JA KOHDENNETTU LÄÄKEHOITO ENSIHOIDOSSA**

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Mia Heiskanen & Ainomaija Hyry  
Opinnäytetyö  
Kevät 2024  
Ensihoidon tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu



## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Ensihoidon tutkinto-ohjelma

---

Tekijät: Mia Heiskanen & Ainomaija Hyry

Opinnäytetyön nimi: Hermokaasumyrkytyksen patofysiologia ja kohdennettu lääkehoito ensihoidossa

Työn ohjaajat: Anna-Maria Ojala & Veijo Malvalehto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 53

---

Opinnäytetyömme aihe hermokaasumyrkytyksen patofysiologia ja kohdennettu lääkehoito ensihoidossa, on tullut jälleen ajankohtaiseksi nykyisen maailmantilanteen vuoksi. Kemiallisten taisteluaineiden ja -aseiden kehittämistä, tuottamista, käyttämistä sekä varastointia säätelevästä kieltosopimuksesta huolimatta, on maailmalta lähiaikoinakin saatu havaintoja hermokaasujen käytöstä ja niiden käytön uhka on todellinen. Opinnäytetyömme aihe muodostui tekijöiden oman mielenkiinnon pohjalta. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää ja kuvailla hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaa, sen aiheuttamia oireita ja löydöksiä sekä ensihoitovaiheen lääkehoitoa. Tavoitteena on tuottaa koostettua tietoa hermokaasumyrkytyksistä, jota voidaan käyttää itseopiskelumateriaalina aiheesta kiinnostuneille. Katsausta voidaan käyttää myös koulutusmateriaalin tuottamiseen sosiaali- ja terveysalan, erityisesti akuutti- ja ensihoitotyön opiskelijoille.

Tämä opinnäytetyö on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, jonka pohjana on käytetty sekä suomalaista, että kansainvälistä tutkimustietoa. Tiedonhaku kohdistettiin seuraaviin tietokantoihin: Pubmed, Ebsco, Medic ja ScienceDirect. Aineistohaun perusteella katsauksemme valikoitui 9 artikkelia. Tiedonhaku on tehty kesän ja syksyn 2023 aikana.

Opinnäytetyömme tulosten perusteella hermokaasumyrkytys aiheuttaa elimistössä liiallisen kolinergisen aktivaation, josta aiheutuva oirekuva on moninainen ja laaja. Tärkeää hermokaasumyrkytyksen hoidon aloittamisessa on tunnistaa myrkytysoireyhtymä - kolinerginen toksidromi. Hermokaasumyrkytyksen akuutin vaiheen lääkehoidossa käytetään atropiinia, oksiiemeja ja bentsodiatsepiineja. Alkuvaiheen lääkehoidossa korostuu lääkkeiden nopea annostelu esimerkiksi autoinjektorin avulla.

Jatkotutkimusaiheena olisi hyvä kehittää ensihoitajien ja viranomaisten koulutuksessa käytettävää materiaalia hermokaasumyrkytyksen tunnistamiseen ja hoitoon liittyen. Koulutuksen tulisi sisältää hermokaasumyrkytyksen hoidossa mahdollisesti käytössä olevan autoinjektorin käytön koulutus, jotta autoinjektoria kyetään käyttämään kaikissa tilanteissa työ- ja potilasturvallisesti.

---

Asiasanat: autoinjektori, ensihoito, hermokaasu, lääkehoito, myrkytys, patofysiologia



## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Emergency Nursing

---

Authors: Mia Heiskanen & Ainomaija Hyry

Title of thesis: The pathophysiology of nerve agent poisoning and targeted drug treatment in emergency care

Supervisors: Anna-Maria Ojala & Veijo Malvalehto

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 53

---

The purpose of this thesis was to describe the pathophysiology, clinical presentation, and targeted drug treatment of nerve agent poisoning in the pre-hospital phase. The aim was to produce consolidated information on nerve agent poisoning that can be used as self-study material for those interested in the subject. This thesis can also be used as educational material for paramedics.

This thesis was produced independently without collaborators. The method used in this thesis was a descriptive literature review. The information retrieval was targeted at the following databases containing medical research: Pubmed, Ebsco, Medic and ScienceDirect. As a result of the information retrieval, nine international articles were selected as sources for this literature review.

Based on the research results nerve agent poisoning causes cholinergic overstimulation, resulting in a broad and diverse range of symptoms. It is crucial to initiate the treatment of nerve agent poisoning by identifying the cholinergic toxidrome. In the pre-hospital phase medical treatment of nerve agent poisoning, emphasis is on administering medication with an autoinjector. Medication should be initiated promptly. In the pre-hospital phase, the drugs used for the treatment of nerve agent poisoning include atropine, oximes, and benzodiazepines.

As a further research topic, it would be beneficial to develop educational materials for first responders and officials regarding the recognition and treatment of nerve agent poisoning. The training should include instruction on the use of autoinjectors that may be used in the treatment of nerve agent poisoning, ensuring that the autoinjector can be used safely in all work and patient care situations.

---

Keywords: autoinjector, medical treatment, nerve agents, pathophysiology, prehospital care



# SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....   | 7  |
| 2     | HERMOKAASUMYRKYTYS ENSIHOIDOSSA .....                                    | 8  |
| 2.1   | Hermokaasut .....  | 8  |
| 2.2   | Hermosolun kolinergisen synapsin normaali toiminta .....                 | 10 |
| 2.3   | Ensihoito .....  | 11 |
| 2.4   | Potilaan tilan arviointi .....   | 13 |
| 2.4.1 | Ensiarvio ja välittömät toimet .....                                     | 13 |
| 2.4.2 | Tarkennettu tilanarvio .....   | 14 |
| 2.5   | CBRNE-tilanteet ja hermokaasumyrkytyspotilaan hoito .....                | 15 |
| 2.5.1 | CBRNE-tilanteet .....  | 15 |
| 2.5.2 | Toiminta epäiltäessä kemiallisen aseiden – hermokaasun käyttöä .....     | 16 |
| 2.5.3 | Hermokaasumyrkytyspotilaan hoito .....                                   | 17 |
| 3     | KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET ..... | 20 |
| 4     | KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN .....                               | 21 |
| 4.1   | Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä .....                            | 21 |
| 4.2   | Kirjallisuushaku ja aineiston valinta .....                              | 21 |
| 4.3   | Aineiston arviointi .....  | 25 |
| 4.4   | Aineistoanalyysi ja synteesi .....                                       | 26 |
| 5     | TULOKSET .....   | 29 |
| 5.1   | Hermokaasumyrkytyksen patofysiologia .....                               | 29 |
| 5.2   | Hermokaasumyrkytyksen akuuttivaiheen oireet ja löydökset .....           | 30 |
| 5.3   | Hermokaasumyrkytyksen kohdennettu lääkehoito ensihoitovaiheessa .....    | 33 |
| 5.3.1 | Atropiini .....  | 33 |
| 5.3.2 | Oksiimit .....   | 36 |
| 5.3.3 | Bentsodiatsepiinit .....   | 37 |
| 6     | POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....   | 39 |
| 6.1   | Tutkimustulosten pohdinta .....  | 39 |
| 6.2   | Kirjallisuuskatsauksen luotettavuus ja etiikka .....                     | 42 |
| 6.3   | Ammatillinen kasvu .....   | 44 |
| 6.4   | Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet .....                              | 45 |



|              |    |
|--------------|----|
| LÄHTEET..... | 48 |
|--------------|----|



# 1 JOHDANTO

Kemikaaleja on käytetty sodankäynnin välineenä jo muinaisista ajoista lähtien. Kuitenkin ensimmäistä kertaa laajamittaista kemiallista sodankäyntiä tapahtui ensimmäisen maailmansodan aikana. Ensimmäiset hermokaasut kehitettiin hieman ennen toista maailmansotaa saksalaisten toimesta, mutta hermokaasuja ei kuitenkaan vielä silloin käytetty sodankäynnin välineinä. (Johnson, Joseph & Meek 2015, luku 2.) Kemiallisten aseiden kehittämistä, tuottamista, käyttämistä sekä varastointia säädellään kansainvälisellä kieltosopimuksella, jonka toimeenpanoa ja valvontaa toteuttaa kansainvälinen Kemiallisten aseiden kieltosopimuksen valvontajärjestö (OPCW). (Verfin 2021.)

Kieltosopimuksesta huolimatta maailmalta on havaintoja siitä, että kemiallisiin aseisiin kuuluvia hermokaasuja on käytetty niin terrorismin kuin sodankäynninkin välineenä. Muun muassa Syyrian sisällissodassa tapahtui 21.8.2013 useita ihmishenkiä vaatinut isku, jossa käytettiin hermokaasu sariinia (Humppi & Mesilaakso 2014). Kemiallisen aseiden kieltosopimus on julkaissut elokuussa 2020 raportin, jonka mukaan myös vuonna 2017 Syyria on käyttänyt kemiallisia aseita mukaan luettuna sariinia Al-Lataminahin alueella Pohjois-Syyriassa (OPCW 2020). Vuonna 1994 japanilainen laivasto Aum Shinrikyo teki terrori-iskun, jossa käytettiin sariinia. Laivasto levitti sariinia puhaltimien avulla Matsumoton kaupungissa. Vuonna 1995 saman laivaston jäsenet levittivät sariinia Tokion metroon. Molemmissa tahallisesti aiheutetuissa joukkomurhyksissä hermokaasulle altistui eritasoisesti jopa satoja ihmisiä. (Riihimäki & Jousela 2004.)

Edellä kuvatut tapaukset osoittavat, että hermokaasut ovat edelleen käytössä kemiallisina henkilöön vaikuttamisen välineinä. Kuitenkaan hermokaasumyrkytys ei ole jokapäiväinen ilmiö suomalaisessa yhteiskunnassa eikä terveydenhuollossa. Tämän takia ilmiö voi olla vieras terveydenhuollon henkilöstölle. Opinnäytetyömme tarkoituksena on kartoittaa kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keinoin hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaa, oireita ja löydöksiä sekä hermokaasumyrkytyksen kohdennettua lääkettä ensihoitovaiheessa. Tavoitteena on, että opinnäytetyönä tuotettua tietoa voidaan käyttää sosiaali- ja terveysalan henkilöstön koulutukseen, erityisesti akuutti- ja ensihoitotyön opetuksessa. Kirjallisuuskatsausta on mahdollista käyttää myös itseopiskelumateriaalina. Kirjallisuuskatsauksen lähdeaineistona on käytetty kotimaisia sekä kansainvälisiä luotettavaksi arvioituja lähteitä.



## 2 HERMOKAASUMYRKYTYS ENSIHOIDOSSA

### 2.1 Hermokaasut

Hermokaasut – hermomyrkyt ovat kemiallisiin taisteluaineisiin kuuluvia organofosfaatteja. Hermokaasuja pidetään kemiallisista aseista tuhoisimpina, koska ne vaikuttavat jo hyvin pieninä annoksina. Hermokaasut estävät hermoimpulssien häiriöttömän kulun ja aiheuttavat näin hermojärjestelmän lamaantumisen. (Vähäkangas & Myllynen 2014, 1031–1033.) Huomionarvoista on se, että nimestään huolimatta hermokaasut ovat huoneenlämmössä perusmuodossaan nestemäisiä. (Puolustusvoimat 1996, 90). Kemiallisilla taisteluaineilla, pyritään aiheuttamaan kohteina olevissa ihmisissä toimintakyvyttömyyttä, vammautuminen tai kuolema. Aineiden kohteena voivat olla myös kasvit tai eläimet. Kemiallisia taisteluaineita käytetään joko sota- tai sabotaasitoimissa. (Puolustusvoimat 2022, 15.)

Kemiallisia taisteluaineita voidaan jaotella kehittämis- ja käyttöaikakausien mukaisesti eri sukupolviin, 1. sukupolvi (1G, 1. generation) – 4. sukupolvi (4G, 4. generation). Ensimmäisellä sukupolvella viitataan ensimmäisen maailmansodan aikana kehitettyihin ja käytössä olleisiin aineisiin. Toinen sukupolvi viittaa toisen maailmansodan aikana kehitettyihin aineisiin, kolmas sukupolvi maailmansotien jälkeisenä aikana kehitettyihin aineisiin ja neljäs uusimpana 1970–1990 luvulla kehitettyihin aineisiin. 1. sukupolven kemiallisiin taisteluaineisiin ei kuulu hermokaasuja. (Puolustusvoimat 2022, 15).

Hermokaasut voidaan jakaa G- ja V-typin hermokaasuiksi sekä luokitella niiden pysyvyyden mukaisesti ilma- ja maastokaasuiksi. Ilmakaasut (G) ovat nopeasti haihtuvia ja helposti kaasuuntuvia yhdisteitä, jotka vaikuttavat pääasiassa hengityksen kautta. Ne sekoittuvat ilmaan ja laimenevat suhteellisen nopeasti minuuttien tai tuntien aikana. Maastokaasut (V) ovat hitaasti haihtuvia, öljymäisiä yhdisteitä. Maastokaasujen vaikutus maastossa voi kestää jopa useita kuukausia, ja ne vaikuttavat niin hengityksen kuin ihonkin kautta. Hermokaasujen pysyvyyteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi lisäaineistamalla niitä, kuten sitkostamalla somaania, jolloin yhdiste toimii maastokaasuna. Sellaisenaan somaani toimii ilmakaasuna. (Puolustusvoimat 1996, 90; Puolustusvoimat 2022, 16.)



Yleisimpiä G-tyypin hermokaasuja ovat sariini (GB), somaani (GD) tabuuni (GA) ja syklosariini (GF). Nämä hermokaasut ovat 2. sukupolven aineita. Aineen nimen perässä on myös nähtävissä aineen NATO-tunniste. Yleisimpiä V-tyypin hermokaasuja ovat VX ja V-kaasu, jotka ovat 3. sukupolven aineita. 4. sukupolven uusia aineita ovat Novichok-variantit, jotka on kehitetty 1970–1990-luvulla. Novichok-variantit ovat huomattavasti tehokkaampia yhdisteitä verrattuna aiempiin hermokaasuihin. Näistä esimerkkinä Novichok-7, joka on kymmenen kertaa tehokkaampi kuin VX-hermokaasu. Novichok-variantit voidaan valmistaa binääriperiaatteella, jolloin variantin komponentit erikseen ovat lähes vaarattomia, mutta yhdistettynä ne muodostavat tehokkaan hermokaasun. (Puolustusvoimat 1996, 90; Puolustusvoimat 2022, 15–16.)

Aineiden myrkyllisyyttä – tappavuutta voidaan kuvata LD50 (Lethal dose 50 %) arvolla. Arvo ilmaisee aineen määrän, joka tappaa puolet altistuneista koe-eläimistä. Tutkimuksessa koe-eläimet ovat tavallisesti altistuneet aineelle suun kautta. Karkeasti voidaan arvioida erilaisten hermokaasujen omaavaan seuraavia LD50-arvoja ihmiselle aineen imeytyessä ihon kautta: sariini 1,4–1,7 mg/kg, somaani 0,7–4,3 mg/kg ja VX 0,14–3,1 mg/kg. (Puolustusvoimat 2022, 17.)

Kemiallisilla taisteluaineilla ja kemikaaleilla on kullekin aineelle tyypillinen ominaisuutensa, joka saattaa helpottaa niiden tunnistamista. Hermokaasuille tyypillisiä ominaisuuksuja ovat:

- sariini – hedelmäinen tuoksu
- somaani – kamferin / eukalyptuksen tuoksu
- tabuuni – hedelmäinen tuoksu
- VX – rikin tuoksu

(Puolustusvoimat 2022, 18, 203.)

Nykyisellään useat maat ovat allekirjoittaneet kemiallisen aseiden kehittämistä, tuottamista, käyttämistä sekä varastoimista käsittävän kieltosopimuksen. Helmikuun lopulla 2023 sopimuksen oli allekirjoittanut 193 valtiota. Sopimus on astunut voimaan 29.4.1997. Kieltosopimuksen päämääränä on ehkäistä uusien kemiallisten aseiden varastojen valmistaminen sekä tuhota jo olemassa olevat varastot. Sopimuksen toimeenpanoa ja valvontaa toteuttaa kansainvälinen Kemiallisten aseiden kieltosopimuksen valvontajärjestö (OPCW). Suomessa Kemiallisen aseiden kieltosopimuksen kansallisena valvovana viranomaisena toimii VERIFIN (Verifin 2021). Ylimpänä kemiallisen aseiden kieltosopimuksen toimeenpanoelimenä Suomessa toimii ulkoministeriö (Verifin 2021).



## 2.2 Hermosolun kolinergisen synapsin normaali toiminta

Hermokudos koostuu hermosoluista, jotka liittyvät synapsiraon (synapsi) välityksellä joko toiseen hermosoluun, lihassoluun (hermo-lihasliitos) tai aistinelimeen. Hermosolujen viestinkulku hermostossa perustuu hermosolun sisällä sähköisiin tapahtumiin ja synapsiraon ylityksessä kemiallisiin tapahtumiin. (Puolustusvoimat 1996, 90; Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2007, 61.)

Sähköisen hermoimpulssin saapuessa synapsiin hermo-lihasliitoksessa vapautuu hermopääteestä välittäjäainetta – asetyylikoliinia (ACh). Asetyylikoliini siirtyy synapsiraossa kohdesolun solukalvolle ja sitoutuu siellä reseptorimolekyyleihin, mahdollistaen hermoimpulssin siirtymisen synapsiraon yli. Tämän tapahtuman kesto on vain muutamia millisekunteja, koska synapsiraossa on entsyymiä nimeltä asetyylikoliiniesteraasi (AChE). Asetyylikoliiniesteraasi hajottaa asetyylikoliinin hyvin nopeasti koliiniksi ja etikkahapoksi, jotka varastoituvat takaisin hermopäätteeseen uutta hermoimpulssin välitystä varten. (Puolustusvoimat 1996, 91–92; Bjälle ym. 61.)

Asetyylikoliini toimii välittäjäaineena kahdenlaisissa reseptoreissa: muskariini- ja nikotiinireseptoreissa. Nikotiinireseptoreja sijaitsee autonomisen hermoston hermosolmuissa, poikkijuovaisen lihaksen hermo-lihasliitoksessa sekä keskushermostossa. Muskariinireseptorit sijaitsevat parasympaattisen hermoston synapsin jälkeisissä kohdesoluissa. Muskariinireseptorit vaikuttavat osaltaan myös keskushermoston kolinergisten hermosolujen toimintaan ja hermoimpulssin välitykseen. (Koulu 2018, 229–230; Solunetti 2006.)

Autonomisen hermoston välittäjäaineena asetyylikoliinin ohella toimii myös noradrenaliini. Samoja välittäjäaineita on myös aivoissa. Asetyylikoliinilla ja noradrenaliinilla on synapsin toimintaa vahvistava vaikutus, kuten myös dopamiinilla ja serotoniinilla. Synapsin toimintaa estävinä välittäjäaineina toimivat glysiini sekä gamma-aminovoihappo (GABA). (Leppäluoto, Kettunen, Rintamäki, Vierimaa & Lätti 2016, 412.)



## 2.3 Ensihoito

Ensihoidolla tarkoitetaan kiireellisen hoidon tarpeen arvioimista ja hoidon antamista äkillisesti sairastuneelle tai loukkaantuneelle. Ensihoitoon kuuluu myös potilaan kuljettaminen tarkoituksenmukaisimpaan hoitopaikkaan sekä akuutisti sairastuneen tai loukkaantuneen potilaan jatkohoitoon liittyvät siirrot, jos potilaan tila vaatii siirron aikana jatkuvaa ja vaativaa hoitoa tai seuranta. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 30.12.2010/1326 40§.)

Ensihoitopalvelu on osa terveydenhuoltoa. Ensihoidon sisällöstä ja järjestämisestä säädetään terveydenhuoltolaissa sekä ensihoitoasetuksessa. Ensihoidon järjestämisvastuu on hyvinvointialueilla. Hyvinvointialueet voivat tuottaa ensihoitopalvelun itse tai hankkia palvelun yksityiseltä palveluntuottajalta. Ensihoitopalvelun sisältö määritellään palvelutasopäätöksessä niin, että palvelu toteutuu tehokkaasti, tarkoituksenmukaisesti ja että palvelut on mitoitettu oikein. Ensihoitopalvelu suunnitellaan ja toteutetaan yhteistyössä päivystävien terveydenhuollon toimipisteiden kanssa. Tavoitteena on muodostaa alueellisesti toimiva kokonaisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023.)

Hätäkeskuslaitos on ensihoidon tärkeä yhteistyökumppani. Hyvinvointialueet sekä sosiaali- ja terveysministeriö ovat antaneet hätäkeskuslaitokselle ensihoitoa koskevien hätäpuheluiden tehtäväkäsittelyohjeet. Näiden ohjeiden avulla ja hätäilmoituksen tietojen perusteella hätäkeskuspäivystäjät arvioivat tehtävän kiireellisuuden ja sen hoitamiseksi tarvittavat resurssit. Hätäkeskustoimintaa säätelee Laki hätäkeskustoiminnasta. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023). Ensihoitopalvelun apu perustuu siihen, että ihminen tunnistaa avun tarpeen ja soittaa 112. Sen jälkeen hätäkeskuspäivystäjän tulee vielä tunnistaa tilanne ja hälyttää ensihoitopalvelu. (Määttä & Harve-Rytsälä 2021, 17.)

Hoitoketjulla kuvataan toiminnallista palveluketjua, joka koostuu seuraavista toiminnoista; maallikko, jonka vastuulla on tunnistaa avun tarve ja hätäilmoituksen tekeminen sekä hätäensiavun antaminen. Hätäilmoituksen käsittelee Hätäkeskus, jonka tehtäviin kuuluu riskinarvion tekeminen, avun hälyttäminen, puhelinohjaus kuten maallikolle annettavat elvytys- ja hätäensiapuohjeet, toiminnan tukeminen sekä muu neuvonta. Ketjun seuraava toiminto on ensihoitopalvelu, joka koostuu eri tasoista toimijoista, joita ovat ensivaste, perustason ensihoitaja, hoitotason ensihoitaja sekä ensihoitolääkäri. Ensihoitopalvelun eri toimijoiden vastuulla on potilaan tutkiminen



ja hoito, konsultaatio tai lisäävun pyytäminen, päätös jatkohoidon tarpeesta ja paikasta sekä kuljetus ja raportin antaminen jatkohoitopaikkaan. (Määttä & Harve-Rytsälä 2021, 26.)

Perustason ensihoitoyksikön henkilöstössä tulee olla ainakin yksi terveydenhuollon ammattihenkilö, jolla on ensihoitoon suuntautuva koulutus. Toinen perustason ensihoitoyksikön henkilöstöstä voi olla joko terveydenhuollon ammattihenkilö, mutta perustason ensihoitajan työparina voi työskennellä myös pelastajatutkinnon omaava henkilö. Perustasoisen ensihoitoyksikön valmiuksiin kuuluu asiakkaan tilanarvio ja hoito niin, että asiakkaan vointi ei huonone hoidon tai kuljetuksen aikana. Perustason ensihoitoyksikkö voi myös aloittaa henkeä pelastavat toimenpiteet sekä toteuttaa lääkehoitoa luonnollista reittiä kautta annosteltavilla lääkkeillä. Heillä on myös usein mahdollisuus toteuttaa nestehoitoa laskimonsisäisesti. Alueen ensihoidon vastuulääkäri määrittää hoito-ohjeet, joiden mukaan perustason ensihoitoyksikkö saa toteuttaa neste- ja lääkehoitoa. (Naarajärvi & Telkki, 2019, 27–28.)

Hoitotason ensihoitoyksiköllä on valmiudet turvata potilaan elintoimintoja vaativilla toimenpiteillä sekä lääkehoidoilla, tehostetun hoidon tasoisesti. Toimenpiteet ja lääkehoidot tehdään alueen ensihoidon vastuulääkärin hoito-ohjeiden mukaan, joko itsenäisesti tai päivystävän ensihoitolääkärin tilannekohtaisilla hoito-ohjeilla. Hoitotason ensihoitoyksikössä työskentelee vähintään yksi ensihoitajan ammattikorkeakoulututkinnon suorittanut henkilö, vaihtoehtoisesti hoitotason ensihoitajana voi työskennellä myös sairaanhoitaja, joka on suorittanut ensihoidon lisäopinnot. Työparina hoitotason ensihoitajalla voi työskennellä joko terveydenhuollon ammattihenkilö tai pelastaja. (Naarajärvi & Telkki, 2019, 27–28.)

Edellä mainittujen operatiivisessa työssä olevien ensihoitoyksiköiden lisäksi ensihoidossa toimii kenttäjohtaja. Kenttäjohtajana voi toimia hoitotason ensihoitaja, jolla on riittävä hallinnollinen ja operatiivinen osaaminen ja kokemus (Naarajärvi & Telkki, 2019, 27). Kenttäjohtajat toimivat ensihoitopalvelun resurssi- ja tilannejohtajina. Kenttäjohtaja voi myös osallistua operatiivisiin hälytystehtäviin. (Määttä & Harve-Rytsälä 2021, 21.)

Jokaisella erityisvastuualueella toimii päivystävä ensihoitolääkäri. Ensihoitolääkäriin tehtäviin kuuluu osallistua hätätilapotilaiden hoitoon vaativissa ensihoitotilanteissa sekä vastata ensihoitajien puhelinkonsultaatioihin antamalla tilannekohtaisia hoito- ja hoitoonohjausohjeita. (Naarajärvi & Telkki 2019, 30.) Suomessa toimii viisi lääkärihelikopteria ja yksi ensihoitohelikopteri, jossa hoidosta vastaa hoitotason ensihoitaja. Lääkärihelikopterissa toimivat lääkärit ovat



suurimmalta osin kokeneita anestesia- ja eläinlääkäreitä. Kaikilla yksiköillä on käytössään helikopterin lisäksi myös maayksikkö. Toiminnasta vastaa valtion omistama ja rahoittama hallinnointiyhtiö FinnHEMS Oy. (Nurmi 2021, 37.)

## **2.4 Potilaan tilan arviointi**

### **2.4.1 Ensiarvio ja välittömät toimet**

Ennen potilaan kohtaamista, jo usein matkalla kohteeseen tehdään arviointia kohteen turvallisuudesta. Tällä tarkoitetaan sitä, että toiminnassa otetaan huomioon mahdolliset työturvallisuutta vaarantavat tekijät, kuten esimerkiksi uhka ja väkivaltatilanteet sekä liikenneonnettomuuspaikan turvallisuus. Kohteeseen voidaan myös soittaa matkalta ja tiedustella niin potilaan vointia kuin kohteen turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Hyvänä sääntönä voidaankin pitää, että jos hoitoa ei voida suorittaa turvallisesti, ei kohteeseen voi mennä. Tällöin hälytetään lisäavuksi esimerkiksi poliisin tai pelastustoimen yksikkö. (Alanen, Jormakka & Kettunen 2023, 13.)

Potilaan kohtaaminen aloitetaan ensiarviolla. Ensiarviossa pyritään määrittämään potilaan hoidon kiireellisyys ja mahdollisten välittömien toimenpiteiden tarpeellisuus. Ensiarviossa tehdään myös alustavaa arviota ongelman syystä. Ensiarvio suoritetaan ilman tutkimisen apuvälineitä, ensihoitajan omia aisteja hyödyntämällä sekä käyttämällä ABC-protokollaa (airway – ilmatie, breathing – hengitys, circulation – verenkierto). Ensiarvion tavoitteena on havaita vaaran merkit ja tunnistaa hätätilapotilas. Jos ensiarvion aikana havaitaan peruselintoimintojen häiriöitä, on niiden korjaaminen aloitettava välittömästi. (Alanen ym. 2023, 13–15.) Ensihoidossa tärkeimmät peruselintoiminnot, joita seurataan ovat tajunta, hengitys ja verenkierto (Holmström 2021, 137).

Peruselintoimintojen selvittäminen aloitetaan tajunnan arvioinnilla. Ensiarviossa tajuntaa arvioidaan karkeasti selvittämällä, onko potilas tajuissaan eli vastaako hän puhutteluun vai onko hän tajuton. Jos potilas ei reagoi puhutteluun voidaan häntä yrittää herätellä esimerkiksi ravistelemalla olkapäistä. Jos potilas ei reagoi herättelyyn, siirrytään arvioimaan hengitystä. (Holmström 2021, 137.) Potilas on eloton, mikäli hän on reagoimaton, eikä hengitä tai hengitys ei ole normaalia. Tällöin aloitetaan elvytys. (Elvytys: Käypä hoito -suositus, 2021.)



Potilaan hengityksen arvioinnissa erityisen tärkeää on varmistaa, tuntuuko hengityksen ilmapvirtaus. Pelkkä rintakehän tarkkailu ei siis anna tarpeeksi tietoa potilaan hengityksen tilasta. Mikäli ilmapvirtausta ei tunnu, avataan hengitystie leuasta nostamalla ja taivuttamalla samalla päätä hieman taaksepäin. Jos hengitys ei hengitystien avaamisella käynnisty normaalisti, ryhdytään hengitystä tukemaan hengityspalkeella. Potilaalle asetetaan myös nieluputki turvaamaan hengitystien avoimuutta. Nieluputken avulla saadaan myös tietoa potilaan nielun suojareflekseistä. Jos potilas sietää nieluputkea hyvin, eivät suojarefleksit toimi ja potilaalla on kohonnut aspiraatoriski. Jos potilaan hengitys käynnistyy hengitystien avaamisella, siirrytään arvioimaan verenkierron tilaa. (Holmström 2021, 137.)

Ensiarviossa verenkierron tilaa arvioidaan tunnustelemalla rannepulssi. Rannepulssin tunnustelemisella saadaan tietoa niin potilaan sydämen syketaajuudesta, kuin rytmin tasaisuudesta ja sykkeen voimakkuudesta. Potilaan ääreisosien lämpötilan arviointi voidaan suorittaa samalla kuin sykkeen tunnustelu. Potilaalta arvioidaan muun muassa ääreisosien lämpötila, ihon hikisyys ja mahdollinen lämpörajan nouseminen. Jos potilaan rannepulssi on tunnettavissa, voidaan olettaa, että potilaan verenkierto on riittävällä tasolla ja sydän kierrättää verta tärkeimmille elimille. Mikäli potilaan rannepulssia ei saada tuntuviin, tunnustellaan seuraavaksi kaulavaltimopulssia tai reisivaltimopulssia. Jos kaula- tai reisivaltimopulssi saadaan tuntuviin, tiedetään, että sydän kierrättää verta, mutta verenpaine on laskenut, niin että ääreisverenkierto on sulkeutunut ja verenkierto ohjautuu ydinalueille. Ydinalueilla tarkoitetaan aivoja, munuaisia ja muita sisäelimiä. Potilas on tällöin vaikeassa verenkiertosokissa. (Alanen ym. 2023, 17.) Potilaan verenkierron turvaamiseksi nostetaan potilaan jalat ylös sekä aloitetaan nesteensiirto mahdollisimman suuren laskimokanyylin kautta (Holmström 2021, 138).

#### **2.4.2 Tarkennettu tilanarvio**

Ensiarviota seuraa tarkennettu tilanarvio. Tarkennettu tilanarvio voidaan aloittaa, kun ensiarvio sekä välittömät toimenpiteet on suoritettu. Lisäksi ennen tarkennettua tilanarviota on hyvä arvioida lisäavun tarve. Tarkemmassa tilanarviossa on tarkoitus kerätä tietoa potilaan voinnista ja oireista päätöksentekoa varten. Tietoa kerätään haastatteleamalla ja hyödyntämällä erilaisia mittaus- ja tutkimusmenetelmiä. (Naarajärvi & Telkki 2019, 115.)



Tarkennettu tilanarvio suoritetaan systemaattisesti ABCDE-protokollan (airway – ilmatie, breathing – hengitys, circulation – verenkierto, disability – tajunta, exposure – paljastaminen) avulla. Näin voidaan varmistaa, että kaikki olennaiset tutkimukset tulee tehtyä. Tutkimus siis etenee ABCDE-protokollan mukaisesti alkaen ilmatiestä ja hengityksestä, siirtyen sitten tajunnan arviointiin ja viimeisenä potilaan tarkempaan tutkimiseen, johon kuuluvat esimerkiksi potilaan paljastaminen ja vammojen arviointi. Tarkennetussa tilanarviossa tehdään potilaalle perusmittaukset, joita ovat hengitystaajuuden laskeminen, hengityssänten kuuntelu, happisaturaation, pulssin, rytmin, verenpaineen, verensokerin ja lämpötilan mittaaminen sekä tajunnantason ja kivun arviointi. Mittaukset tulee aina suorittaa, jos ei ole perustetta olla niitä tekemättä. Alkoholi-pitoisuuden mittaaminen kuuluu myös perusmittauksiin silloin, jos potilaan neurologisia oireita tai tajunnantasoä täytyy arvioida tarkemmin. (Alanen ym. 2023, 18.)

Tarkennetussa tilanarviossa voidaan myös tarpeen tullen määrittää tutkimus- ja mittaustulosten sekä haastattelun perusteella työdiagnoosi. Työdiagnoosilla tarkoitetaan olettamusta potilaan oireiden aiheuttajasta. Ennen työdiagnoosin määrittämistä on hyvä käydä läpi myös erotusdiagnoosit, eli muut mahdolliset potilaan oireita tai tilaa selittävät tekijät. (Holmström 2021, 135.)

## **2.5 CBRNE-tilanteet ja hermokaasumyrkytyspotilaan hoito**

### **2.5.1 CBRNE-tilanteet**

Hermokaasut ovat kemiallisia aseita (C). Epäiltäessä hermokaasujen käyttöä vahingoittamistarkoituksessa tulee usein esille käsite CBRNE. CBRNE-uhat on esitetty taulukossa 1. CBRNE-aineista voidaan puhua myös joukkotuhoojaseina niiden laajojen vaikutusten vuoksi. CBRNE-tilanteet käsittävät asekäyttöön valmistettujen aineiden lisäksi myös muista vaarallisista aineista ja materiaaleista aiheutuvat vaaratilanteet sekä tartuntatautiepidemiat. CBRNE-tilanteisiin liittyvät valmistautumistoimet sekä toimintaperiaatteet ovat pääsääntöisesti samat, oli kyseessä sitten onnettomuus tai tahallinen tilanne. (Sisäministeriö 2017, 10–12; Helenius & Kuisma 2021, 834.)



TAULUKKO 1. CBRNE-uhat.

| CBRNE-uhat |   |
|------------|---|
| C          | (Chemical) Kemialliset aineet             |
| B          | (Biological) Biologiset taudinaiheuttajat |
| R          | (Radiological) Radioaktiiviset aineet     |
| N          | (Nuclear) Ydinaseet                       |
| E          | (Explosives) Räjähdeet                    |

CBRNE-tilanteissa korostuu tarve viranomaisyhteistyölle niin johtamisessa kuin käytännön työskentelyssäkin. Johtamisvastuu CBRNE-tilanteessa määräytyy tilanteen luonteen mukaan. Muut toimijat ovat johtavan viranomaisen tukena yhteisessä tilanneorganisaatiossa. Tilannekuvan, sen tuottamisen ja ylläpidon apuna käytetään esimerkiksi yhteisiä viestintäjärjestelmiä. Tilannekuvan ylläpito on tärkeä osa kaikkien toimijoiden sujuvan ja turvallisen toiminnan mahdollistamiseksi. CBRNE-tilanteissa kaiken viranomaistoiminnan tavoitteena on ihmishenkien pelastaminen, vaaran aiheuttajan poistaminen ja lisävahinkojen estäminen, ottaen huomioon mahdollinen edelleen vaikuttava uhka sekä rikospaikkatutkinnan vaatimukset. (Sisäministeriö 2017, 16.)

## 2.5.2 Toiminta epäiltäessä kemiallisen aseiden – hermokaasun käyttöä

Alkuvaiheen toiminta perustuu epäilyyn hermokaasun käytöstä. Hermokaasun käyttöön voi viitata suuri määrä potilaita samalla alueella, joiden samankaltainen oirekuva viittaa hermokaasualtistukseen. Lisävahinkojen välttämiseksi hermokaasulle altistunut alue ja henkilöt tulisi rajata ja evakuointitoimet aloittaa mahdollisimman nopeasti. Toiminnan aloittamista voi hidastaa haasteet altistuslähteen paikantamisessa. Toiminnassa on huomioitava myös tapahtumapaikan erityispiirteet sekä vallitseva säätila. Vaara-alueella toimivan pelastushenkilöstön tulee olla täydellisesti suojautunut. Saastuneella alueella tehtävät hoitotoimet tulisi rajata vain välttämättömiin ja toiminnassa tulee keskittyä potilaiden nopeaan evakuoitiin puhdistuspaikalle. Myös hoitovälineiden viemistä saastuneelle alueelle tulee välttää kuljetus- ja hapenantovälineitä lukuun ottamatta. Hermokaasualtistuksen yhteydessä haastavimmin oireilevia voidaan hoitaa saastuneella alueella vasta-aineautoinjektoreilla, mikäli sellaisia on saatavilla. (Innilä 2015, 502–503.)



Hermokaasulle altistuneet tulee dekontaminoida eli puhdistaa hermokaasualtistuksen lopettamiseksi, lisäleviämisen estämiseksi ja hoitohenkilökunnan suojaamiseksi. Puhdistustoiminta tapahtuu saastuneen ja puhtaan alueen rajalla siihen tarkoitukseen perustetulla puhdistuspaikalla. Viimeistään puhdistamisen jälkeen potilaat luokitellaan kiireellisyyden perusteella (triage). Puhdistustoiminnan jälkeen potilaiden hoitoa jatketaan tai se aloitetaan tilanteen mukaan. Monipotilastilanteissa hoitoratkaisuihin vaikuttaa paljon käytettävissä oleva kuljetuskapasiteetti sekä kuljetusmatka, myös hoidonrajaamispäätöksiin tulee varautua. (Innilä 2015, 504.)

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä syvemmin pelastustoimintaa tai onnettomuuspaikalla toimimista yleisesti. Keskitymme opinnäytetyössämme hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaan, hermokaasumyrkytyksen oirekuvaan ja löydöksiin sekä lääkkeelliseen hoitamiseen ensihoitovaiheessa.

### **2.5.3 Hermokaasumyrkytyspotilaan hoito**

Hermokaasujen myrkyllinen vaikutus aiheutuu asetylikoliiniesteraasientsyymin (AChE) inhibitiosta, mikä aiheuttaa potilaalle kolinergisia oireita. Oirekuvaan vaikuttavat altistumisreitti, altistuksen määrä sekä potilaan yksilölliset ominaisuudet. Myrkytyksen kehittymisaika on riippuvainen altistumisreitistä. Paikallisoireet ovat tyypillisiä ennen systeemioireiden ilmenemistä. Myrkytyksen aiheuttama kuolema aiheutuu nopeasti, jos potilaan hengitysteiden obstruktiota, hengityslihasten halvaantumista ja keskushermostoperäistä hengityshalvausta ei hoideta. (Innilä 2022, 136.)

Hermokaasumyrkytyksen oirekuva ja löydökset ovat laaja-alaisia. Oireet ja löydökset esiintyvät autonomisen hermoston kautta (muskariinivaikutukset), luurankolihasperäisinä (nikotiinivaikutukset) sekä keskushermostoperäisinä. (Innilä 2022, 135). Hermokaasumyrkytyksen oirekuvaa ja löydöksiä on esitelty taulukossa 2. (Helenius & Kuisma 2021, 842; Innilä 2022, 135.)



TAULUKKO 2. Hermokaasumyrkytyksen oireet ja löydökset.

|   |  |
|---|--|
| Hermokaasumyrkytyksen oireet ja löydökset | pienentyneet pupillit                          |
|   | näön epätarkkuus, vuotavat silmät ja silmäkipu |
|   | limaneritys hengitysteistä                     |
|   | keuhkoputkien supistuminen                     |
|   | hengenahdistus                                 |
|   | hengityslama                                   |
|   | virtsainkontinenssi                            |
|   | vatsakivut ja ripulointi                       |
|   | rytmihäiriöt ja painon tunne rinnalla          |
|   | lihaskrampit ja -värinä                        |
|   | rauhattomuus, ärtyvyys                         |
|   | tajunnan tason lasku                           |
|   | sekavuus                                       |
|   | kouristelu                                     |

Kuten ensihoidossa yleensäkin myös hermokaasumyrkytyspotilaan tarkennettu tilanarvio ja hoito suoritetaan systemaattisesti, ABCD-protokollan mukaisesti. Hermokaasumyrkytyspotilaiden kohdalla protokollaan aABCD on kuitenkin lisätty alkuun "a" eli autoinjektorin käyttö vastalääkkeiden antoon. (Innilä 2022, 136.)

aABCD-protokollan mukaan hoidon alussa saastuneella alueella tehdään vain välttämättömät toimenpiteet, joita ovat tajuttoman potilaan asettaminen kylkiasentoon sekä vastalääkkeen antaminen autoinjektorilla (a). Suomessa hyvinvointialueilla ja Puolustusvoimilla on käytössä Doublepen -autoinjektori, joka sisältää atropiinia 2 mg ja obidoksiimia 220 mg. Hermokaasumyrkytyksen vastalääkehoidon nopea aloittaminen on tärkeää, sillä hermokaasuille tyypillisen ikääntymisilmiön jälkeen oksiimit menettävät tehonsa. (Helenius & Kuisma 2021, 842; Innilä 2022, 136–137.)

Tämän jälkeen potilas puhdistetaan ja voidaan aloittaa potilaan tilan arviointi ja muut hoitotoimenpiteet systemaattisesti aABCD-protokollaa noudattaen. Jos oireinen hermokaasumyrkytyspotilas ei ole saanut vastalääkehoitoa ennen puhdistustoimenpiteitä, tulee



lääkehoito (a) aloittaa tässä vaiheessa. Vastalääkehoitoa voidaan jatkaa potilaan oirekuvan perusteella toistamalla autoinjektorilla annettava lääkehoito. Toisen autoinjektoriannoksen jälkeen hoitoa voidaan jatkaa pelkällä atropiinilla, aikuiselle 2 mg annoksilla 2–5 minuutin välein, kunnes potilaan hengitysvaikeus helpottuu ja hengitystie-eritteiden määrä vähenee merkittävästi. Tarvittavan atropiinin määrä voi olla suuri. (Helenius & Kuisma 2021, 842–843; Innilä 2022, 136.)

Hoidon seuraava tavoite on hengitystien hallinta (A) sekä hengityksen hoitaminen (B). Potilaan hengitystä avustetaan tarvittaessa, koska ventilaatio voi olla vaikeutunutta keuhkoputkien supistustilan tai runsaiden hengitystie-eritteiden takia. Potilaalle annostellaan 100-prosenttista happea. Hengitystien hallinta intubaatiolla on aiheellista, jos potilas on tajuton, hengitys on riittämätöntä tai hengitystie-eritteiden runsas määrä uhkaa avointa hengitystietä. (Helenius & Kuisma 2021, 842; Innilä 2022, 136.)

Hengityksen hoitamisen jälkeen tutkitaan ja hoidetaan potilaan verenkiertoa (C). Potilaalle avataan suoniyhteys. Potilaan mahdollista bradykardiaa hoidetaan vastalääkkeenäkin annettavalla atropiinilla. Muutoin verenkierron hoitaminen on oireen mukaista ja elintoimintoja tukevaa. (Helenius & Kuisma 2021, 840, 842; Innilä 2022, 136.)

Potilaan tajunnantaso (D) tulee määrittää esimerkiksi käyttämällä Glasgow’n kooma-asteikkoa (GCS). Potilaan mahdolliset kouristukset tulee todeta ja hoitaa bentsodiatsepiinilla. Jos potilas on hyvin agitoitunut, tulee tässäkin tilanteessa potilasta hoitaa bentsodiatsepiineilla. Käytettävä bentsodiatsepiini määräytyy paikallisen saatavuuden mukaan. Bentsodiatsepiineja voidaan annostella potilaalle myös profylaktisesti ennen kouristusten ilmaantumista. Bentsodiatsepiinien annostukset ovat midatsolaamille 5–10 mg, diatsepaamille 10 mg tai loratsepaamille 2 mg laskimonsisäisenä injektiona. Jos potilaan kouristelu ei lievytä bentsodiatsepiineilla tulee harkita yleisanestesiaa. (Helenius & Kuisma 2021, 843; Innilä 2022, 136–137.)



### **3 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET**

Kirjallisuuskatsauksemme tarkoituksena on selvittää ja kuvailla hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaa sekä kohdennettua lääkehoitoa ensihoitovaiheessa. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on lisätä tietoisuutta hermokaasumyrkytyksestä ja sen hoidosta. Kirjallisuuskatsausta voidaan hyödyntää ensihoitajien kouluttamisessa sekä itseopiskelumateriaalina aiheesta kiinnostuneille.

Tutkimuksemme tutkimuskysymykset olivat:

1. Millaisia patofysiologisia muutoksia hermokaasut aiheuttavat ihmiskehossa myrkytyksen akuuttivaiheessa?
2. Millaisia oireita ja löydöksiä hermokaasumyrkytyksestä seuraa akuuttivaiheessa?
3. Millaisilla kohdennetuilla lääkkeillä hermokaasumyrkytyksen saanutta potilasta hoidetaan ensihoidossa?



## **4 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN**

### **4.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä**

Tutkimusmenetelmäksemme valikoitui kirjallisuuskatsaus, koska se antoi menetelmänä mahdollisuuden tuottaa tutkimusta ajasta ja paikasta riippumatta. Katsauksemme ei myöskään liittynyt yhteistyökumppaneita, eikä sidonnaisuuksia, joten olimme täysin vapaita tuottamaan tutkimuksen omassa tahdissamme, siten että työskentely palveli meitä tekijöinä mahdollisimman optimaalisesti.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on menetelmällisesti kevein kirjallisuuskatsauksen muoto ja sen avulla on mahdollista antaa mahdollisimman laaja kuva katsauksen aiheesta. Katsaus pyrkii mahdollisimman helppolukuiseen lopputulokseen, jossa epäyhtenäistä tietoa on järjestelty jatkumoksi. (Salminen 2011, 7.)

Opinnäytetyömme toteutettiin siis narratiivisena eli kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kuvata ja kertoa tutkimusaiheeseen aiemmin kohdistuneita tutkimuksia, niiden määrää, laajuutta ja syvyyttä. Kuvailevalle kirjallisuuskatsaukselle on tyypillistä tutkimuskysymysten laaja asettelu, joita voidaan kuitenkin rajata eri tavoilla. Tutkimusprosessi sisältää aineiston hankinnan, tekstiaineiston taulukoinnin ja analysoinnin sekä luotettavuuden ja eettisyyden arvioinnin. (Suhonen, Axelin & Stolt 2016, 9.)

### **4.2 Kirjallisuushaku ja aineiston valinta**

Aineiston hankinnassa on kaksi vaihetta. Varsinainen aineiston hakuprosessi sekä katsaukseen soveltuvan tutkimusaineiston valinta. Jotta aineiston hankinta olisi onnistunutta, täytyy ennalta määritellä strategia, jonka pohjalta hakuja aletaan suorittaa. Strategian valinta vaikuttaa suoraan tutkimuksen luotettavuuteen, sillä siinä tehdyt virheet voivat johtaa väärin johtopäätelmiin. Hakuprosessin systemaattisuus riippuu katsaustyyppistä. (Niela-Vilén & Hamari. 2016, 25.) Koska opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus, hakuprosessin ei tarvitse olla niin systemaattinen kuin esimerkiksi meta-analyysiä tehtäessä.



Tiedon hakua varten on määriteltävä soveltuvat hakusanat, joista muodostetaan soveltuvia hakulausekkeita. Katsauksen kannalta keskeisiä käsitteitä on hyvä käyttää hakusanoina. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 25–26.) Tiedonhakuprosessissa hyödynsimme Oulun yliopiston kirjaston informaation apua hakulausekkeiden muodostamisessa sekä eri tietokantojen käytössä. Tiedonhakua tehdessämme hyödynsimme PICO -menetelmää hakusanojen ja -lausekkeiden muodostamiseen. PICO -menetelmän avulla määritellään tiedonhakuun käytettävät asiasanat esimerkiksi taulukkoa apuna käyttäen (Hoitotyöntutkimussäätiö 2022). Taulukossa 3. on esitelty PICO -menetelmän avulla muodostettuja hakusanoja.

TAULUKKO 3. PICO -menetelmä ja hakusana.

|           |   |                                    |   |   |
|-----------|---|------------------------------------|---|---|
| <b>P</b>  | Population,<br>patient<br>Kuka, mikä          | Tutkittava<br>ilmiö,<br>kohderyhmä | Hermokaasu,<br>hermokaasumyrkytys,<br>organofosfaattimyrkytys,<br>hermokaasumyrkytyksen<br>patofysiologia | nerve agent, nerve<br>agent poisoning,<br>organophosphorus<br>poisoning,<br>pathophysiology of<br>nerve agent poisoning |
| <b>I</b>  | Intervention<br>Mikä, kuinka                  | Mielenkiinnon<br>kohde             | Lääkehoito, kohdennettu<br>lääkehoito   | nerve agent antidote,<br>nerve agent therapy  |
| <b>Co</b> | Contexts,<br>Mihin liittyy,<br>kokonaiskäsite | Käsite                             | Sairaalan ulkopuolinen hoito,<br>ensihoito  | out of hospital,<br>emergency service,<br>paramedic, emergency<br>medical technician                                    |

Katsaustamme koskettava tutkimusaineisto oli suurelta osin englanninkielistä, joten käytimme osin hakusanojen luotettavan käännöksen suorittamiseen suomalaista asiasanasto- ja ontologiapalvelu Fintoa. Suomalaisen asiasanasto- ja ontologiapalvelun sisältä käytimme myös lääketieteellistä jäseneltyä asiasanastoa MeSH:iä. Tiedon haun kohdistimme terveys- ja lääketieteen artikkeleita sisältäviin tietokantoihin, joita ovat Pubmed, Ebsco, ScienceDirect ja Medic. Hakulausekkeina tiedonhaussa tietokannoista, käytettiin taulukon 4. mukaisia hakulausekkeita. Tietokannan



hakuteknisistä syistä hakulauseke eroaa muista hakulausekkeista ScienceDirect tietokannan osalta.

TAULUKKO 4. Tiedonhaussa käytetyt hakulausekkeet tietokannoittain.

| Tietokanta             | Hakulauseke   |
|------------------------|---|
| ScienceDirect          | (pathophysiology OR management OR therapy OR treatment) AND "nerve agent" |
| Pubmed, Ebsco ja Medic | (pathophysiology OR management OR therapy OR treatment) AND "nerve agent" |

Työssämme hyödynnettiin Oulun ammattikorkeakoulun kirjaston tietokantojen kautta saatavilla olevaa aineistoa. Ennen lopullista tiedonhakua suoritimme aineiston testihakuja kevään ja syksyn 2022 aikana. Testihakujen perusteella muodostimme aineiston valintaa ohjanneet sisäänotto- ja poissulkukriteerit, jotka on esitelty taulukossa 5. Testihakujen avulla muodostimme myös lopulliset hakulausekkeet.

TAULUKKO 5. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

| Sisäänottokriteerit   | Poissulkukriteerit   |
|---|--|
| Aineistot, jotka on julkaistu vuosien 2005–2023 aikana                                      | Aineistot, jotka on julkaistu vuosien 2005–2023 ulkopuolella   |
| Aineistot, jotka ovat ilmaisia ja vapaasti käytössä olevia                                  | Maksulliset aineistot  |
| Aineisto saatavilla Oulun ammattikorkeakoulun kirjaston tietokantojen kautta                | Aineisto ei ole saatavilla Oulun ammattikorkeakoulun kirjaston tietokantojen kautta                    |
| Tieteellisesti luotettavat aineistot  | Tieteellisesti epäluotettavat aineistot  |
| Suomen tai englanninkieliset aineistot  | Muut kuin suomen tai englanninkieliset aineistot   |
| Aineistot, jotka vastaavat kirjallisuuskatsauksemme tutkimuskysymyksiin                     | Aineistot jotka, eivät käsittele tutkimuksemme aihetta   |
| Aineistot ovat alkuperäisartikkeleita tai katsausartikkeleita tieteellisestä tutkimuksesta. | Aineistot, jotka eivät ole alkuperäisartikkeleita tai katsausartikkeleita tieteellisestä tutkimuksesta |

Aineiston valinnassa sisäänotto- ja poissulkukriteerit ohjaavat laajan aineiston karsintaa alkaen otsikkotasosta siirtyen sitten abstraktitasolle ja lopulta kokotekstien tarkasteluun (Niela-Vilén &



Hamari 2016, 27). Tiedonhakuprosessin aluksi teimme ensin toisistamme riippumattoman – itsenäisen tiedonhaun ja valitsimme aineistoksi hyväksyttävät artikkelit. Tämän jälkeen katsoimme yhdessä tuloksia ja valitsimme aineistoiksi niitä artikkeleita, jotka olivat tulleet hyväksytyksi molempien itsenäisesti tekemässä haussa. Otsikon ja tiivistelmän perusteella tehtyjen valintojen jälkeen, meille jäi vielä huomattavan suuri määrä aineistoa, jota karsittiin sitten kokotekstin perusteella useampia kertoja. Tällä tavalla kirjallisuuskatsauksemme aineistoksi jäi mahdollisimman hyvin tutkimuskysymyksiimme vastaavaa aineistoa, jolloin kirjallisuuskatsauksemme luotettavuus lisääntyi. Tiedonhakuprosessi on esitelty taulukossa 6.

*TAULUKKO 6. Tiedonhakuprosessin esittely.*

|  |   |
|--|---|
| <p>Tutkijan 1 hakutulokset tietokannoittain</p> <p>Pubmed: 318 kpl</p> <p>Ebsco 12 kpl</p> <p>Medic: 3 kpl</p> <p>ScienceDirect: 261 kpl</p>   | <p>Tutkijan 2 hakutulokset tietokannoittain</p> <p>Pubmed: 318 kpl</p> <p>Ebsco 12 kpl</p> <p>Medic: 3 kpl</p> <p>ScienceDirect: 261 kpl</p>              |
| <p>Tutkijan 1 otsikon perusteella valitsemat aineistot</p> <p>Pubmed: 58 kpl</p> <p>Ebsco: 3 kpl</p> <p>Medic: 3 kpl</p> <p>ScienceDirect: 20 kpl</p>  | <p>Tutkijan 2 otsikon perusteella valitsemat aineistot</p> <p>Pubmed: 69 kpl</p> <p>Ebsco: 2 kpl</p> <p>Medic: 3 kpl</p> <p>ScienceDirect: 15 kpl</p>     |
| <p>Tutkijan 1 tiivistelmän perusteella valitsemat aineistot</p> <p>Pubmed: 25 kpl</p> <p>Ebsco: 3 kpl</p> <p>Medic: 2 kpl</p> <p>ScienceDirect: 10 kpl</p>   | <p>Tutkijan 2 tiivistelmän perusteella valitsemat aineistot</p> <p>Pubmed: 28 kpl</p> <p>Ebsco: 2 kpl</p> <p>Medic: 2 kpl</p> <p>ScienceDirect: 9 kpl</p> |
| <p>Tutkijoiden yhdessä valitsemat aineistot kokoteksti perusteella:</p> <p>Pubmed: 7 kpl (joista yksi kaksoiskappale ScienceDirectin kanssa)</p> <p>Ebsco: 0 kpl</p> <p>Medic: 1 kpl</p> <p>ScienceDirect: 2 kpl (joista yksi kaksoiskappale PubMedin kanssa)</p> <p>Yhteensä: 9 kpl</p> |   |



### 4.3 Aineiston arviointi

Kirjallisuuskatsauksen tekemisen vaiheisiin kuuluu myös hakuprosessin perusteella valittujen aineistojen arviointi. Arvioinnin tavoitteena on tarkastella alkuperäistutkimuksista saatavan tiedon kattavuutta ja tulosten edustavuutta. Samalla voidaan havainnoida sitä, miten relevanttia alkuperäistutkimusten tieto on omien tutkimuskysymysten ja -ongelmien kannalta. Arvioinnin tekeminen on tärkeää, jotta voidaan välttää kirjallisuuskatsauksen tulosten vinouma ja virheellisesti painottuneet päätelmät. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 28.)

Arviointia voidaan suorittaa monella tavalla ja siihen ei ole olemassa tiettyä ohjetta, sillä se tehdään katsausmenetelmän ja kirjallisuuskatsaukseen valitun aineiston perusteella. Tutkimusten valintaprosessin voidaan katsoa olevan osa tutkimusten arviointia, jolloin yhtenä sisäänottokriteerinä voi olla tutkimusten laadun aste. Arviointia voidaan suorittaa myös itsenäisenä vaiheena tai osana aineistoanalyysia. Arvioinnin luotettavuutta lisää se, jos sen suorittaa kaksi tutkijaa itsenäisesti. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 28.) Suoritimme aineiston laadun arviointia tarkastelemalla artikkeleiden julkaisupaikkaa, -vuotta sekä -maata. Vertaisarvioitua katsausartikkeliä pidettiin luotettavampana ja laadukkaampana kuin muita vertaisarvioimattomia katsausartikkeleita. Katsausartikkeleiden lähteinä käytettyjen tutkimusten julkaisuvuosi vaikutti myös laadun arviointiin. Kirjallisuuskatsaukseen valitut artikkelit on esitelty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Kirjallisuuskatsaukseen valitut artikkelit.

| Artikkelin nimi  | Artikkelin tyyppi                | Kirjoittaja  | Julkaisuvuosi ja -maa |
|--|----------------------------------|--|-----------------------|
| Recent Advances in the Treatment of Organophosphorous Poisonings | Katsausartikkeli                 | Mahdi Balali-Mood, Hamidreza Saber                         | 2012, Iran            |
| Hermokaasumyrkytyksen tunnistaminen ja hoito                     | Vertaisarvioitu katsausartikkeli | James Boyd, Pietari Helenius, Kari Innilä ja Tuomas Lilius | 2022, Suomi           |
| Therapy for acute nerve agent poisoning                          | Katsausartikkeli                 | Jonathan Newmark   | 2019, Yhdysvallat     |



|   |                  |   |                                |
|---|------------------|---|--------------------------------|
| Advances in toxicology and medical treatment of chemical warfare nerve agents                               | Katsausartikkeli | Mohammd Moshiri, Emadodin Darchini-Maragheh & Mahdi Balali-Mood   | 2012, Iran                     |
| Disaster preparedness, pediatric considerations in primary blast injury, chemical, and biological terrorism | Katsausartikkeli | Mithell Hamele, William Bradley Poss & Jill Sweney                | 2014, Yhdysvallat              |
| Translational research on chemical nerve agents   | Katsausartikkeli | David A. Jett & Shardell M. Spriggs                               | 2018, Yhdysvallat              |
| Organophosphorus nerve agent poisoning: managing the poisoned patient                                       | Katsausartikkeli | Elspeth J. Hulse, James D. Haslam, Stevan R. Emmett & Tom Woolley | 2019, Yhdistynyt kuningaskunta |
| Counteracting poisoning with chemical warfare nerve agents  | Katsausartikkeli | Nikolina Maček Hrvat & Zrinka Kovarik                             | 2020, Kroatia                  |
| Anticholinesterase toxicity   | Katsausartikkeli | John EH Tattersall  | 2018, Yhdistynyt kuningaskunta |

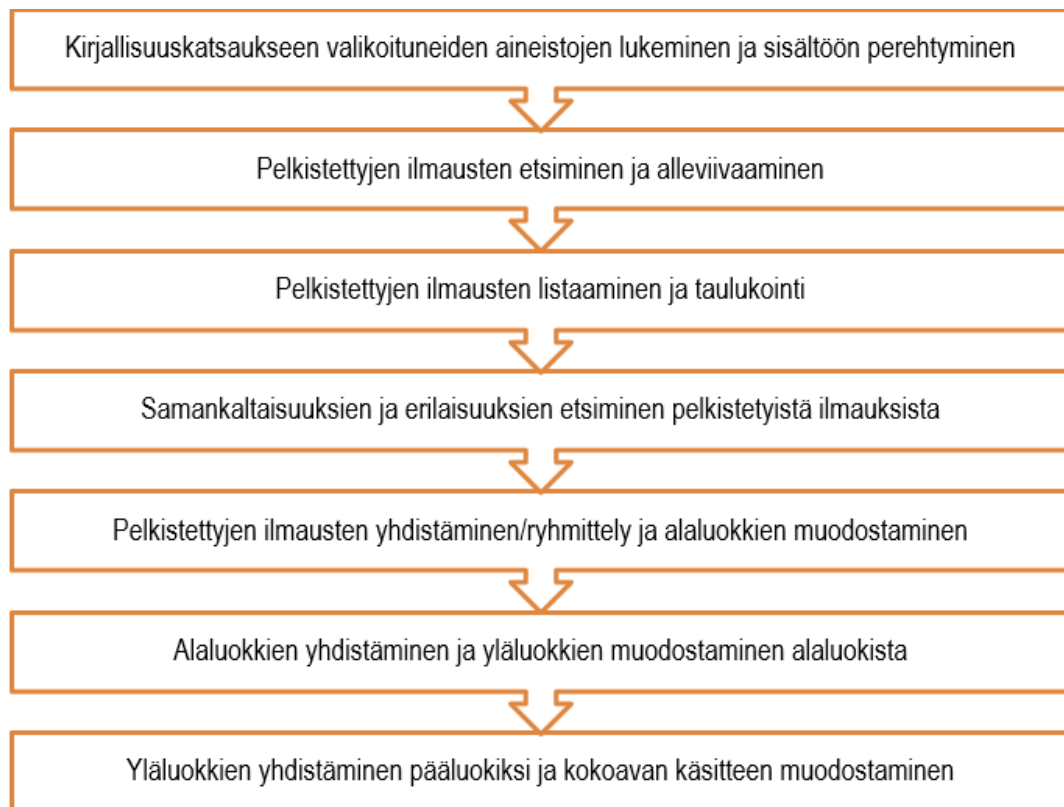
#### 4.4 Aineistoanalyysi ja synteesi

Aineiston analysointi suoritettiin aineistolähtöisellä laadullisella sisällönanalyysillä – induktiivisella sisällönanalyysillä. Analyysiyksikkönä käytettiin lausetta/ajatuskokonaisuutta, joka voi sisältää useita lauseita.

Aineiston analyysin ja synteessin tarkoituksena on vetää yhteen sekä järjestellä valittujen tutkimusten tuloksia. Tutkimuksen tekijä järjestää ja luokittelee aineistoa etsien yhtäläisyyksiä ja eroja. Lopuksi tekijä tulkitsee ja raportoi tuloksia niin, että niistä muodostuu ymmärrystä lisäävä kokonaisuus eli synteesi. Usein analyysi ja synteesi tapahtuvat yhtäaikaaisesti. (Niela-Vilén & Hamari. 2016, 30.)



Karkeasti induktiivinen aineiston analyysi voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen – redusointiin, klusterointiin ja abstrahointiin. Redusoinnissa alkuperäisaineisto pelkistetään siten, että aineistoista poistuu kaikki tutkimukselle epäolennainen tieto. Aineistosta siis etsitään tutkimuskysymykseen vastaavia ilmaisuja. Klusteroinnissa aineisto ryhmitellään keräten aineistossa esiintyvät samankaltaisuudet eri luokiksi – näin muodostuvat alaluokat, jotka nimetään luokan sisältöä kuvaavalla käsitteellä. Aineiston ryhmittelyä jatketaan siten, että alaluokkia yhdistetään yläluokiksi ja muodostuneita yläluokkia yhdistetään edelleen pääluokiksi. Näin aineisto on abstrahoitu ja on muodostunut teoreettisia käsitteitä sekä johtopäätöksiä. Aineiston induktiivinen sisällönanalyysin prosessi on esitelty kuviossa 1. (Tuomi & Sarajärvi 2017, luku 4.4.3.)



KUVIO 1. Aineiston induktiivinen sisällönanalyysi.

Aineiston analysointi aloitettiin lukemalla läpi tutkimukseen valikoituneet aineistot useaan kertaan. Tutkimuskysymyksiin vastaavia kohtia alleviivattiin jokaiselle kysymykselle määritellyllä värillä. Tämä selkeytti ja helpotti aineistoanalyysin tekemistä. Alleviivauksia tehdessä arvioitiin vielä aineiston sopivuutta lähteeksi. Tässä vaiheessa myös karsiutui joitakin tutkimuksia pois, epäsopivuuden takia. Aineistoanalyysistä on esitetty esimerkki taulukossa 8.



TAULUKKO 8. Esimerkki aineistoanalyysistä.

| Sisällön alkuperäinen ilmaus   | Pelkistetty ilmaus   | Alaluokka             | Yläluokka   | Yhdistävä tekijä  |
|--|--|-----------------------|-------------|---|
| The most common sign in the eye is miosis which is more observed in vapor exposure. The miosis duration is varied from several days to as long as 9 weeks. | Yleisin silmäoire on pupillien supistuminen (mioosi). Jota havaitaan yleisimmin höyryaltistuksen yhteydessä. | Pupillien supistumien | Silmäoireet | Tutkimuskysymys 2. Millaisia oireita ja löydöksiä hermokaasumyrkytyksestä seuraa? |
| Sharp or aching ocular pain is due to ciliary spasm and can be associated with headache.   | Silmäkipu aiheutuu sädelihaksen spasmista, joka voi yhteydessä päänsärkyyn.                                  | Silmäkipu             |             |   |

Induktiivisen sisällönanalyysin tuottamista käsitteistä muodostetaan synteesi löytyneiden erovaisuuksien ja yhtäläisyyksien pohjalta tehden yhteenvetoa lähteeksi valittujen tutkimusten tuloksista. Synteesissä tutkimustuloksista pyritään muodostamaan yleinen kuva, jossa esitetään myös ristiriitaiset tulokset. Koko katsauksen tekemisen ajan on hyvä tehdä muistiinpanoja, joissa pidetään kirjaa tehtyjen päätösten perusteluista. Synteesin havainnollistamiseen voidaan käyttää kuvioita ja taulukoita. Kirjallisuuskatsauksen viimeinen vaihe on katsauksen saattaminen lopulliseen muotoon eli raportin tekeminen. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 31–33.) Opinnäytetyön raportointi ja viimeistely toteutettiin molempien tutkijoiden yhteistyönä syksyn 2023 ja kevään 2024 aikana.



## 5 TULOKSET

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui mukaan yhdeksän eri artikkelia kolmesta eri tietokannasta. Seitsemän julkaisua valikoitui Pubmed-, yksi Medic- ja yksi ScienceDirect -tietokannasta. Artikkelit on julkaistu vuosien 2012–2022 välisenä aikana. Artikkeleista kahdeksan oli englanninkielisiä ja yksi suomenkielinen. Artikkeleista kolme oli julkaistu Yhdysvalloissa, kaksi Yhdistyneessä kuningaskunnassa, kaksi Iranissa ja yksi niin Suomessa kuin Kroatiassakin. Yksi artikkeleista käsitteli lapsipotilaita. Kaikki kirjallisuuskatsaukseen valikoituneet artikkelit ovat katsausartikkeleita, joista suomenkielinen tutkimus on lisäksi vertaisarvioitu.

### 5.1 Hermokaasumyrkytyksen patofysiologia

Hermokaasujen pääasiallinen toimintamekanismi on asetyylikoliiniesteraasientsyymin (AChE) toiminnan estäminen peruuttamattomasti. Asetyylikoliiniesteraasientsyymiä esiintyy hermostossa kolienergisisä synapseissa, keuhkoissa, hermolihaskuitoksissa ja punasolujen pinnalla. (Tattersal 2018, 49; Hulse, Haslam, Emmett & Woolley. 2019, 458.) AChE:n toiminnan estyminen aiheuttaa synapsiraossa liiallisen asetyylikoliinin määrän, eli asetyylikoliinia kumuloituu synapsirakoon myrkyllisessä määrin. (Moshiri, Darchini-Maragheh & Balali-Mood 2012, 4; Boyd, Helenius, Innilä & Lilius 2022, 1244). Asetyylikoliinin (ACh) kumuloituminen aiheuttaa muskariini- ja nikotiinireseptorien liiallisen stimulaation. Muskariini- ja nikotiinireseptoreita löytyy autonomisesta hermostosta ja hermolihaskuitoksista. Niiden ylistimulaation aiheuttamien oireiden lisäksi kumuloitunut asetyylikoliini aiheuttaa myös suoria keskushermosto-oireita. (Hamele, Poss & Sweney 2014, 18; Jett & Spriggs 2018, 3; Boyd ym. 2022, 1245.)

Hermokaasun aiheuttama asetyylikoliiniesteraasientsyymin toiminnan estäminen voi muuttua peruuttamattomaksi hermokaasun ja entsyymin sidoksen ikääntyessä. Ikääntymisellä tarkoitetaan siis asetyylikoliiniesteraasientsyymin tekemistä lopullisesti toimimattomaksi. Ikääntymisen jälkeen AChE:n toimintaa voidaan palauttaa vain, kun elimistö tuottaa uutta asetyylikoliiniesteraasientsyymiä. Ennen lopullisia muutoksia voidaan AChE:n toimintaa palauttaa lääkehoidolla. Ikääntymisen nopeus vaihtelee aine kohtaisesti muutamasta minuutista (somaani) jopa 22 tuntiin (syklosariini). (Balali-Mood & Saber 2012, 76; Jett & Spriggs 2018, 2; Newmark 2019, 338; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 266.)



## 5.2 Hermokaasumyrkytyksen akuuttivaiheen oireet ja löydökset

Hermokaasumyrkytyksen tunnistaminen perustuu potilaan kliiniseen kuvaan sekä esitietoihin. Hermokaasu, altistumisreitti ja altistusmäärä vaikuttaa oireiden ja löydösten ilmaantumisjärjestykseen ja -nopeuteen sekä vakavuuteen. Tärkeää on tunnistaa kolinerginen toksidromi eli myrkytysoireyhtymä, joka ilmenee muutaman tunnin sisällä altistuksesta. (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Jett & Spriggs 2018, 2; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1244.)

Oirekuvaa voidaan tarkastella elinjärjestelmittäin tai kohdereseptorien kautta. Elinjärjestelmittäin jaoteltuna oireita voidaan tarkastella silmiin, hengityselimistöön, sydämeen ja verisuoniin, hermostoon, ihoon ja limakalvoon, maha-suolikanavaan sekä virtsa- ja sukupuolielimiin liittyviin oireisiin. Kohdereseptorien mukaan jaoteltuina puhutaan muskariini- ja nikotiinireseptoreihin liittyvistä oireista. Asetyylikoliinin kertyminen nikotiini- ja muskariinireseptoreihin aiheuttaa suurimman osan systeemisistä oireista. Ensioireet ja löydökset liittyvät enimmäkseen paikallisiin oireisiin ennemmin kuin systeemioireisiin. Kohtalaisissa ja suurissa altistuksissa nikotiinireseptorivaikutukset ja keskushermoston stimulaatio syrjäyttävät muskariinireseptorivaikutuksia. (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Moshiri ym. 2012, 7; Hulse ym. 2019, 458; Boyd ym. 2022, 1244.)

Yleisin silmäoire on mioosi eli pupillien supistuminen (Moshiri ym. 2012, 7; Tattersall 2018, 49; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1244–1245). Sitä esiintyy yleisimmin höyrymäisen altistuksen yhteydessä. Mioosin kesto vaihtelee muutamista päivistä jopa yhdeksään viikkoon. (Moshiri ym. 2012, 7.) Mioosi on muskariinireseptoreihin liittyvä oire. Nikotiinireseptorivaikutuksiin puolestaan liittyy mydriaasi eli pupillien laajentuminen. (Balali-Mood & Saber 2012, 79). Lasten osalta on hyvä tietää, että mioosi ei välttämättä kehity heille yhtä voimakkaana kuin aikuisille (Hamele ym. 2014, 18). Oireena voi olla myös silmäkipua, joka aiheutuu silmän sädelihaksen spasmista. Silmäkipuun voi liittyä myös päänsärkyä. (Moshiri ym. 2012, 7.) Silmäoireina voi olla myös näön hämärtymistä ja kyynelehtimistä, sidekalvon alaisten verisuonten laajenemisen vuoksi. Lisäksi voi esiintyä silmän sidekalvon tulehdusta. (Moshiri ym. 2012, 7; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1245.)

Nuhaa pidetään yleensä hermokaasualtistuksen seurauksesta aiheutuvana paikallisoireena, mutta sitä voi esiintyä myös systeemioireena. Nuha on tavallista allergiaoiretta tai flunssaa voimakkaampaa ja sen voimakkuus on riippuvainen altistuksen vakavuudesta. Hengitystieoireina



esiintyy myös keuhkoputkien supistumista, alahengitysteiden lisääntyntä limaneritystä, lisääntyntä syljen eritystä sekä keuhkoödeema. Vakavassa myrkytyksessä voi esiintyä ventilaatiovajausta. (Balali-Mood & Saber 2012, 79; Moshiri ym. 2012, 7; Tattersall 2018, 49; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1244–1245.)

Sydän- ja verisuonioireisiin kuuluu kasvanut vagaalinen aktivaatio, joka hidastaa sydämen sähköistä johtumista. Tämän seurauksena esiintyy bradykardiaa ja eteiskammiokatkoksia. Nämä puolestaan johtavat sydämen minuuttitilavuuden pienenemiseen. Toisaalta ACh:n kerääntyminen sympaattiseen hermosolmuun ja lisämunuaisyttimeen aiheuttaa sykkeen nousua lisämunuaisytimestä vapautuvien katekoliamiinien vuoksi. Potilaan kokeman ahdistuksen ja pelon vuoksi sydämen syke voi myös kohota jopa takykardiseksi. (Balali-Mood & Saber 2012, 79; Moshiri ym. 2012, 7; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1245.) EKG-rekisteröinnissä voidaan nähdä idioventrikulaarisia rytmihäiriöitä, eteisvärinää, monimuotoisia kammiolisälyöntejä, kammiovärinää tai kolmannen asteen eteis-kammiokatkos. Myös ajoittaisia ST-tason muutoksia ja toisen asteen eteis-kammiokatkoksia voi esiintyä (Balali-Mood & Saber 2012, 78). Hermokaasumyrkytyksen aiheuttamien sydän- ja verisuonivaikutusten kautta potilaalla voi olla myös hypo- tai hypertensiota (Balali-Mood & Saber 2012, 79; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268).

Hermostollisina oireina esiintyy voimakasta uupumusta, lihasheikkoutta, velttohalvausta, lihasnykimistä (faskikulaatioita) sekä vapinaa (Balali-Mood & Saber 2012, 79; Moshiri ym. 2012, 7; Tattersall 2018, 49; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1244–1245). Hermostollisia oireita ovat myös epileptiset kohtaukset, joihin voi lukeutua myös kouristuskohtaukset, jotka pitkittyessään johtavat status epilepticukseen (Balali-Mood & Saber 2012, 79; Moshiri ym. 2012, 7; Boyd ym. 2022, 1244–1245). Suorina keskushermostovaikutuksina voi ilmetä sekavuutta, agitaatiota, harhaisuutta, hengityskatkoksia ja hengityskeskuslama sekä syvää tajuttomuutta. (Moshiri ym. 2012, 7; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1244) Vakavassa altistuksessa potilaan hengitys voi pysähtyä jo muutamissa minuuteissa (Balali-Mood & Saber 2012, 79). Vakavassa myrkytyksessä potilas voi kuolla jopa 5–10 minuutissa altistuksen jälkeen, ilman asianmukaista lääkehoitoa (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Hamele ym. 2014, 18; Newmark 2019, 338). Hermokaasumyrkytyksissä kuolema aiheutuu useimmiten hengitysteiden obstruktiosta, hengityslihashalvauksesta ja hapenpuutteesta, joka on seurausta keskushermostovälitteisestä hengityslamasta (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Hamele ym. 2014, 18; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1244).



Iho- ja limakalvo-oireina esiintyy laaja-alaista ja yleistynyttä hikoilua (Moshiri ym. 2012, 7; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1244–1245). Laaja-alainen hikoilu on yleinen oire pitkittyneessä altistuksessa ihon ja hengityksen kautta. Systemiset oireet ja löydökset esiintyvät 2–3 tunnin kuluttua ihoaltistuksesta. Iho-altistumisen kautta ilmenevien oireiden esiintymisnopeudessa on eroavaisuuksia eri aineiden välillä. Esimerkiksi VX hermokaasu imeytyy ihon kautta kahdeksan kertaa nopeammin kuin muut hermokaasut. (Moshiri ym. 2012, 7.) Limakalvo-oireina voidaan nähdä lisääntyneitä limaneritystä limakalvoilta. Lisääntynyt limaneritys voidaan lukea myös hengitystieoireeksi, sillä limaneritystä tapahtuu erityisesti hengitysteiden alueella. (Boyd ym. 2022, 1244–1245.)

Hermokaasumyrkytyksessä maha-suolikanavan motiliteetti ja erityis lisäänty (Moshiri ym. 2012, 7; Newmark 2014, 338; Tattersall 2018, 49; Boyd ym. 2022, 1245). Seurauksena on pahoinvointia, oksentelua, ulosteinkontinenssia, vatsakipua ja ripulointia. (Balali-Mood & Saber 2012, 78–79; Moshiri ym. 2012, 7; Hamele ym. 2014, 18; Hulse ym. 2019, 458; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268.) Pahoinvointia ja oksentelua voidaan havaita ensimmäisinä merkkeinä potilaan altistuttua hermokaasulle ihon kautta, mutta oireet voivat johtua myös altistuksen hermostollisesta vaikutuksesta (Moshiri yms. 2012, 7). Potilaalla voidaan havaita myös hyperglykemiaa, johtuen lisämunuaisytimen lisääntyneestä stimulaatiosta. Tämä aiheuttaa noradrenaliinin ja adrenaliinin lisääntyneen määrän verenkiertoon ja tätä kautta verensokerin kohoamisen. (Moshiri ym. 2012, 7.)

Muskariinireseptorien liiallinen aktivaatio voi aiheuttaa potilaalle virtsaamisen tarvetta sekä virtsainkontinenssia (Balali-Mood & Saber 2012, 78–79; Hamele ym. 2014, 18; Tattersall 2018, 49; Hulse ym. 2019, 458; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 268; Boyd ym. 2022, 1245). Virtsaamisen tarvetta voi esiintyä laaja-alaisen ihoaltistuksen seurauksena tai potilaan hengitettyä huomattavia määriä hermokaasua (Moshiri ym. 2012, 7).

Hermokaasumyrkytyksessä oireet ja löydökset ovat hyvin paljon riippuvaisia aineesta, sen vahvuudesta, altistumisreitistä ja -määrästä sekä ulkoisista tekijöistä, kuten ympäristön lämpötilasta. Tämän takia hermokaasumyrkytyksen oirekuva on laaja ja tärkeää onkin kolinergisen toksidromin tyypillisempien oireiden muistaminen. Näitä ovat etenkin mioosi, voimakas syljen- ja limaneritys sekä hengitysvaikeus. (Hamele ym. 2014, 18; Boyd ym. 2022, 1244.) Alkuvaiheen oirekuvan muistamiseen voidaan myös käyttää muistisääntöä SLUDGE, joka on esiteltynä taulukossa 9. (Hamele ym. 2014, 18). SLUDGE muistisäännössä ja kolinergisessä toksidromissa esiintyvät oireet ovat muskariinireseptorien yliaktivaatiosta johtuvia. Muskariinireseptorien



yliaktivaatio aiheuttaa hermokaasumyrkytyksen vaarallisimmat ja henkeä uhkaavimmat oireet ja löydökset. (Balali-Mood 2012, 81; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 269.)

TAULUKKO 9. SLUDGE -muistisääntö.

| SLUDGE- muistisääntö |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| S                    | Salivation = Syljen erityys           |
| L                    | Lacrimation = Kyynelehtiminen         |
| U                    | Urination = Virtsaaminen              |
| D                    | Defecation = Ulostaminen              |
| G                    | GI-upset = Ruoansulatuskanavan oireet |
| E                    | Emesis = Oksentelu                    |

### 5.3 Hermokaasumyrkytyksen kohdennettu lääkehoito ensihoitovaiheessa

Hermokaasumyrkytyksen kohdennettu lääkehoito ensihoitovaiheessa on kolmikantaista. Lääkehoitona käytetään atropiinia, oksiimeja sekä bentsodiatsepiineja. Nopealla lääkehoidolla voidaan parantaa potilaan ennustetta. (Boyd ym. 2022, 14.)

#### 5.3.1 Atropiini

Atropiini on kilpaileva muskariinireseptoriantagonisti eli se estää asetyylikoliinin vaikutuksen muskariinireseptoreissa (Balali-Mood & Saber 2012, 81; Moshiri ym. 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 269; Boyd ym. 2022, 1248). Atropiini ei kykene palauttamaan asetyylikoliiniesteraasientsyymin toimintaa, eikä se siis ole parantava hoito (Moshiri ym. 2012, 11). Sitä käytetään kumoamaan hermokaasumyrkytyksen aiheuttamia muskariinireseptorien yliaktivaatiosta johtuvia oireita, mutta sillä ei ole vaikutusta nikotiinireseptorien yliaktivaation aiheuttamiin oireisiin, eikä keskushermostoperäisiin oireisiin, kuten faskikulaatiohin, velttohalvaukseen tai hengityshalvaukseen. (Balali-Mood 2012, 81; Moshiri ym. 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2.) Kuitenkin Boyd ym. (2022, 1248) mainitsevat artikkelissaan, että atropiinilla suurina annoksina on myös keskushermosto-oireita lievittävä vaikutus. Muskariinireseptorien yliaktivaatiosta aiheutuvia oireita ovat esimerkiksi hikoilu, syljen erityksen lisääntyminen, kyynelnesteen erityksen lisääntyminen, pahoinvointi, nuha, oksentelu sekä ripulointi. (Balali-Mood



2012, 81; Moshiri ym. 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2.) Atropiinia käytetään hermokaasumyrkytyksen lääkehoitona, sillä se on tehokas hoitamaan bradykardiaa, vähentämään avoeritteisten rauhasen eritystä sekä sileiden lihasten supistuksen aiheuttamaa keuhkoputkien supistustilaa ja suoliston liiallista motiliteettia (Balali-Mood & Saber 2012, 81; Moshiri 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2; Boyd ym, 2022, 1248). Atropiinilla on näytetty olevan myös antikonvulsiivisia vaikutuksia. (Balali-Mood & Saber 2012, 81).

Atropiinilla toteutettavassa hermokaasumyrkytyksen lääkehoidossa pyritään atropinisaatioon. Atropinisaatiolla tarkoitetaan hengityksen helpottumista, keuhkoputkien supistumisen vähentymistä, hengitysteiden liman erityksen loppumista sekä sydämen sykkeen nousemista yli 80 krt/minuutissa. (Moshiri ym. 2012, 11; Hulse ym. 2019, 459; Boyd ym. 2022, 1248.) Atropinisaatioon tarvittavan atropiinin määrä on riippuvainen jäljellä olevan aktiivisen butyryylikoliiniesteraasin ja asetyylikoliiniesteraasin määrästä (Balali-Mood 2012, 81). Tämän vuoksi atropiinille on vaikeaa määrittää yksiselitteistä annosta ja lääkitsemisen tulisi olla tavoiteohjattua (Moshiri ym. 2012, 11; Boyd ym. 2022, 1248). Atropinisaatioon tarvittavat atropiinin annokset ovat yleensä suuria (Boyd ym. 2022, 1248).

Sairaalan ulkopuolisessa ensihoidossa potilaalle annetaan alkuvaiheen lääkityksenä ensisijaisesti autoinjektorilla lihakseen annosteltavaa atropiinia. Usein atropiini on autoinjektoreissa yhdistetty oksiiimiin, joka on toinen tärkeä hermokaasumyrkytyksen alkuvaiheen hoidon lääke. (Moshiri ym. 2012, 9; Hamele ym. 2014, 19; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 274; Boyd ym. 2022, 1248.) Erilaisia hermokaasumyrkytyksen hoidossa käytettäviä autoinjektoreita on esitelty taulukossa 10. (Moshiri ym. 2012, 9; Newmark 2019, 338, 340; Boyd ym. 2022, 1248).

*TAULUKKO 10. Erilaisia autoinjektoreita ja niiden sisältämät lääkeaineet.*

| Autoinjektor – kauppanimi                | Atropiini | Oksiimi              |
|--|-----------|----------------------|
| Mark 1 (sisältää kaksi injektoria)       | 2 mg      | 600 mg (2-PAM Cl)    |
| Doublepen OA                             | 2 mg      | 220 mg (obidoksiimi) |
| Nerve Agent Antidote Kit (NAAK) /DuoDote | 2,1 mg    | 600 mg (2-PAM Cl)    |
| ATNAA                                    | 2,1 mg    | 600 mg (2-PAM Cl)    |

Autoinjektorilla annosteltavat hermokaasumyrkytyksen vastalääkkeet imeytyvät nopeammin kuin tavanomaisella ruiskulla ja neulalla lihakseen annostellut lääkkeet. Autoinjektor levittää lääkkeet



lihakseen samalla, kun neula läpäisee kudoksen. Tavanomaisessa annostelussa lihakseen, lääkeaine jää kuplamaiseksi kertymäksi lihaksen sisään ennen imeytymistään. (Moshiri ym. 2012, 9.) Autoinjektorin käytöllä nopeutetaan potilaalle aloitettavaa vastalääkehoitoa, mikä on tärkeää potilaan ennusteen ja selviytymisen kannalta (Moshiri ym. 2012, 11; Tattersall 2018, 49). Autoinjektorilla vastalääkehoito voidaan aloittaa jo ennen potilaan puhdistamista ja se voidaan tehdä saastuneella alueella pelastajan toimesta (Boyd ym. 2022, 1247–1248). Annosteltavien autoinjektoreiden määrä on riippuvainen potilaan oirekuvan vakavuudesta (Moshiri ym. 2012, 9; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 275).

Atropiinin annostelu on mahdollista myös ilman autoinjektoria laskimon ja lihaksen sisäisinä injektioina tai luunsisäisenä injektiona intraosseaalikyhteyden kautta (Hamele ym. 2014, 18; Hulse ym. 2019, 459). Boyd ym. (2022, 1247) esittävät artikkelissaan, että atropiinihoito tulisi aloittaa 2 mg annoksina kerrallaan laskimonsisäisenä injektiona tai injektiona lihakseen, 2–10 minuutin välein toistaen tai tarvittaessa kaksinkertaisella annoksella, 5 minuutin välein, kunnes potilaan hengitysvaikeus helpottuu. Lapsille annokseksi esitetään 0,05–0,1 mg/kg laskimonsisäisenä injektiona tai injektiona lihakseen. Hamele ym. (2014, 18–19) esittävät lapsille annokseksi 0,05 mg/kg injektiona laskimoon tai lihakseen 2–5 minuutin välein toistaen, jos oireet jatkuvat. Maksimiannokseksi lapsille esitetään atropiinia 5 mg riippumatta siitä mihin lääke on annosteltu. Balali-Mood & Saber (2012, 77, 81) mukaan atropiinihoidolla tavoitellaan atropinisaatiota ja tarvittava atropiinin määrä voi olla alle 2 milligrammasta yli 10 milligrammaan laskimonsisäisenä injektiona. Annosta titrataan vasteen mukaan. Hulse ym. (2019, 459) esittelevät artikkelissaan useampia eri suosituksia atropiinilla toteutettavasta hoidosta. Britannian asevoimien ja Pohjois-Atlantin puolustusliiton (NATO) ohjeistuksen mukaan aloitusannokseksi voimakkaasti oireilevalle potilaalle tulisi antaa atropiinia 5–10 mg, joko laskimon tai luuytimen sisäisenä injektiona. Annosta tulisi toistaa viiden minuutin välein atropinisaation saavuttamiseksi. Englannin kansanterveyslaitoksen ohjeen mukaan atropiinia tulisi annostella voimakasoireiselle potilaalle aloitusannoksella 4–4,2 mg.

Atropiinin haittavaikutuksia ovat esimerkiksi delirium, euforia, hallusinaatiot, erilaiset näköhäiriöt, mydriaasi, takykardia, virtsaumpi, suun kuivuminen sekä hikoilun vähentyminen. Hikoilun vähentyminen, nostaa potilaan ruumiinlämpöä ja altistaa lämpösairauksille. (Moshiri ym. 2012, 11; Boyd ym. 2022, 1249.)



### 5.3.2 Oksiimit

Oksiimit ovat toinen tärkeä hermokaasumyrkytyksen hoitoon käytettävä lääkeryhmä. Oksiimeita tulisi käyttää hermokaasumyrkytyksen hoitoon atropiinin kanssa, mahdollisimman yhtäaikaaisesti (Moshiri ym. 2012, 12; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1249.) Oksiimit toimivat asetyylikoliiniesteraasientsyymien reaktivoijina, vapauttaen AChE:n hermokaasumolekyylistä (Balali-Mood & Saber 2012, 81; Moshiri ym. 2012,12; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 3; Tattersall 2018, 51; Hulse ym. 2019, 460; Boyd ym. 2022, 1248). AChE:n toiminnan palautuminen lopettaa asetyylikoliinin kumuloitumisen synapsirakoon, jolloin kumuloitumisesta aiheutuvat myrkytysoireet helpottuvat (Moshiri ym. 2012, 4; Hamele ym. 2014, 19). Oksiimit lievittävät nikotiinireseptorien yliaktivaatiosta johtuvia oireita, kun sen annostelu aloitetaan tarpeeksi aikaisin, ennen kuin asetyylikoliiniesteraasientsyymien ikääntyminen ehtii tapahtua. Kun ikääntyminen on tapahtunut, oksiimien annostelusta saatava hyöty on vähäistä. (Moshiri ym. 2012, 12; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 2; Hulse ym. 2019, 460; Boyd ym. 2022, 1248).

Hermokaasumyrkytyksen hoidossa käytettäviä oksiimeja on useita, esimerkiksi obidoksiimi, pralidoksiimi (2-PAM Cl), HI6 sekä HLO7. Eri oksiimien teho hermokaasuja vastaan vaihtelee riippuen käytettävästä oksiimista sekä myrkytyksen aiheuttaneesta hermokaasusta (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 12; Hulse ym. 2019, 460; Boyd ym. 2022, 1248).

Myös oksiimeja on saatavilla autoinjektorina, joissa oksiimi on yhdistettynä atropiiniin. Erilaisia hermokaasumyrkytyksen hoidossa käytettäviä oksiimeja sisältäviä autoinjektoreita on esitelty taulukossa 10. (Moshiri ym. 2012, 9; Newmark 2019, 338, 340; Boyd ym. 2022, 1248.)

Oksiimeilla on merkittäviä haittavaikutuksia, jos suositeltu terapeutinen annos ylitetään. (Moshiri ym. 2012, 13). Pralidoksiimilla haittavaikutuksia ovat esimerkiksi näköhäiriöt, huimaus, verenpaineen nousu, takykardia, heikentynyt munuaisten toiminta, lihasheikkous, pahoinvointi, oksentelu ja hyperventilaatio sekä maksatoksisuus. Lisäksi nopea suonensisäinen pralidoksiimin annostelu voi johtaa sydän- ja hengityspysähdyksiin, lihasjäykkyyden ja kurkunpään spasmin takia. (Moshiri ym. 2012, 13; Boyd ym. 2022, 1249). Merkittävien haittavaikutusten vuoksi pralidoksiimin annostelu enemmän kuin 2,5 g 1–1,5 tunnin aikana on kielletty (Moshiri ym. 2012, 13). Obidoksiimilla haittavaikutuksiin lukeutuvat esimerkiksi maksatoksisuus, hypotensio sekä lämmön tunne kasvoilla (Moshiri ym. 2012, 13; Boyd ym. 2022, 1249). Moshiri ym. (2012, 13) esittävät



artikkelissaan obidoksiimin enimmäisannokseksi hermokaasumyrkytyksen hoidon ensivaiheessa 500 mg tai 750 mg vuorokaudessa, johtuen aineen maksatoksisuudesta.

Hulse ym. (2019, 460) kertovat artikkelissaan pralidoksiimin annokseksi 2 g infusoituna vähintään viiden minuutin kuluessa laskimoon tai intraosseaalitilaan. Moshiri ym. (2012, 13) mainitsevat artikkelissaan, että pralidoksiimin antaminen tulisi aloittaa 30 mg/kg, enimmäisannoksella 2 g laskimonsisäisesti annosteltuna 30 minuutin aikana. Annostelua jatketaan infuusiona 8–10 mg/kg/tunnissa, enimmäisannoksella 650 mg/tunnissa. Hamele ym. (2014, 18) esittävät artikkelissaan lasten pralidoksiimi annokseksi 25 mg/kg/tunnissa laskimonsisäisesti tai lihakseen annosteltuna. Enimmäisannokseksi kerrotaan laskimonsisäisesti annosteltuna 1 g ja lihakseen annosteltuna 2 g.

### **5.3.3 Bentsodiatsepiinit**

Hermokaasumyrkytyksen lääkehoidossa bentsodiatsepiineja käytetään ensisijaisesti antikonvulsivisina lääkkeinä ennaltaehkäisemään ja hoitamaan hermokaasun aiheuttamia epileptisiä kohtauksia sekä status epilepticusta (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 13; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 3; Tattersall 2019, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 339–340; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 275; Boyd ym. 2022, 1247, 1249). Toisaalta bentsodiatsepiinit myös helpottavat potilaan kokemaa ahdistusta, rauhattomuutta, pelkoa sekä vähentävät faskikulaatioita. Bentsodiatsepiineilla on myös todettu olevat kuolleisuutta ja sairastuvuutta vähentävä vaikutus, kun niitä käytetään osana hermokaasumyrkytyksen lääkehoitoa, atropiinin ja oksiimien ohella. (Balali-Mood & Saber 2012, 82.)

Hermokaasumyrkytyksen lääkehoidossa yleisimmin käytössä olevat bentsodiatsepiinit ovat midatsolaami ja diatsepaami (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 14; Newmark 2019, 339–340). Bentsodiatsepiinien vaikutus perustuu niiden keskushermostoa lamaavaan vaikutukseen, keskushermoston gamma-aminovoihapporeseptoreiden (GABA) kautta. Diatsepaami myös vähentää asetyylikoliinin eritystä synapsirakoon. (Balali-Mood & Saber 2012, 82). Midatsolaamin on todettu olevan tehokkaampi ja nopeampi ehkäisemään ja hoitamaan hermokaasumyrkytyksen aiheuttamia oireita (Moshiri ym. 2012, 14; Newmark 2019, 339–340). Midatsolaamin on myös havaittu lopettavan epileptisiä kohtauksia tehokkaammin ja pienemmillä veripitoisuuksilla kuin muiden bentsodiatsepiinien, kun sitä annostellaan lihaksensisäisenä



injektiona (Balali-Mood & Saber 2012, 82). Lisäksi diatsepaamin käyttöön liittyy korkeampi hengityslaman riski kuin midatsolaamin (Jett & Spriggs 2018, 3; Newmark 2019, 339–340). Diatsepaamin biologisen hyötyosuuden on havaittu olevan heikempi kuin midatsolaamilla, kun se annostellaan injektiona lihakseen. Midatsolaamiin verrattuna sen teho on myös heikempi pitkittyneen epileptisen kohtauksen hoidossa. (Jett & Spriggs 2018, 3.)

Bentsodiatsepiineja on myös saatavilla autoinjektorina kuten atropiinia ja oksiimeja. Autoinjektoreissa lääkeaine saattaa olla itsenäisesti tai erilaisina yhdistelminä atropiinin ja oksiimien kanssa. (Hulse ym. 2019, 460.) Bentsodiatsepiineja voidaan annostella myös ilman autoinjektoria laskimon ja lihaksensisäisinä injektioina (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 13; Hamele ym. 2014, 18; Boyd ym. 2022, 1247). Moshiri ym. (2012, 13) esittävät artikkelissaan diatsepaamin aikuisten annokseksi 5–10 mg ja lasten annokseksi 0,2–0,5 mg/kg. Balali-Mood & Saber (2012, 82) kertovat artikkelissaan aikuisten diatsepaami annokseksi 5–10 mg profylaktisesti ja 10–20 mg epileptisen kohtauksen aikana laskimon sisäisenä injektiona. Hoitoa tulee jatkaa hoidon vasteen mukaan. Artikkelissa esitetään myös Maailman terveysjärjestön (WHO) antama suositus diatsepaamin annostelusta hermokaasumyrkytyksen hoidossa, joka on 5–10 mg laskimon sisäisenä injektiona kolmen minuutin aikana, annos voidaan toistaa 10–15 minuutin välein ja maksiannoksi aikuiselle mainitaan 30 mg. Lapsille annokseksi esitetään 0,2–0,3 mg/kg laskimon sisäisenä injektiona, kolmen minuutin kuluessa. Maksimiannos alle viisivuotiaille lapsille on 5 mg ja yli viisivuotiaille 10 mg. Artikkelissaan Boyd ym. (2022, 1247) tuovat esille midatsolaamin annokseksi hermokaasumyrkytyksen lääkehoidossa aikuisille 10 mg lihaksen sisäisenä injektiona tai 2,5 mg laskimon sisäisenä injektiona. Lapsille annokseksi esitetään 0,25 mg/kg lihaksen sisäisenä injektiona, 10 milligrammaan saakka tai 0,1 mg/kg laskimon sisäisenä injektiona, 2,5 milligrammaan saakka. Hamele ym. (2014, 18) kertovat lasten annokseksi midatsolaamille 0,2 mg/kg, 10 mg saakka lihaksen sisäisenä injektiona. Midatsolaamia pidetään lapsille ensisijaisena vaihtoehtona. Diatsepaamin annokseksi esitetään 0,3 mg/kg laskimonsisäisenä injektiona, 10 mg saakka. Artikkelissa mainitaan myös loratsepaami, jonka annokseksi esitetään 0,1 mg/kg, 4 mg saakka, joko laskimon tai lihaksen sisäisenä injektiona.



## 6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuskatsauksena toteutetun opinnäytetyömme tarkoituksena oli tarkastella hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaa, oirekuva, löydöksiä sekä lääkehoitoa akuuttivaiheessa. Huolimatta kemiallisten aineiden ja taisteluaikavälineiden käyttöä koskevasta kiellosta, on nykyisen maailmantilanteen myötä aihe tullut taas ajankohtaisemmaksi. Kirjallisuuskatsauksella halusimme tuottaa itseopiskelumateriaalia aiheesta kiinnostuneille sekä aineistoa opetusmateriaalin tuottamiseen.

### 6.1 Tutkimustulosten pohdinta

Kirjallisuuskatsauksemme ensimmäinen tutkimuskysymys oli, millaisia patofysiologisia muutoksia hermokaasut aiheuttavat ihmiskehossa myrkytyksen akuuttivaiheessa. Hermokaasujen vaikutusmekanismi elimistössä on asetyylikoliiniesteraasientsyymin toiminnan estäminen, joka aiheuttaa asetyylikoliinin kumuloitumisen synapsirakoon. Asetyylkoliinin kumuloituminen aiheuttaa muskariini- ja nikotiinireseptorien liiallisen stimulaation sekä suoria keskushermosto-oireita (Helenius & Kuisma 2021, 841; Innilä 2022, 134.) Tutkimustulostemme mukaan myrkytyksen oireet ja löydökset ovat seurausta edellä mainituista mekanismeista. Potilaan lääkehoitoon, selviytymiseen ja ennusteeseen, merkittävästi vaikuttava patofysiologinen tekijä on niin sanottu ikääntymisilmiö. Ikääntymisilmiön seurauksena asetyylikoliiniesteraasientsyymin toiminnan estäminen voi muuttua peruuttamattomaksi. (Balali-Mood & Saber 2012, 76; Moshiri ym. 2012, 4; Hamele ym. 2014, 18; Jett & Spriggs 2018, 2–3; Newmark 2019, 338; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 266; Boyd ym. 2022, 1244–1245. Teoreettisessa viitekehysessä Helenius & Kuisma (2021, 842) sekä Innilä (2022, 136) mainitsevat myös ikääntymisilmiön olevan tyypillistä hermokaasuille.

Toisena tutkimuskysymyksenä tarkastelimme hermokaasumyrkytykseen liittyviä akuutteja löydöksiä sekä oirekuva. Tutkimustulostemme sekä teoreettisen viitekehysen mukaan hermokaasumyrkytykseen liittyvä oirekuva on hyvin moninainen. Oireet ja löydökset ovat spesifisiä sen mukaan aiheutuvatko ne muskariinireseptorien, nikotiinireseptorien vai keskushermoston yliaktivaatiosta. (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Jett & Spriggs 2018, 2; Newmark 2019, 338; Helenius & Kuisma 2021, 842; Boyd ym. 2022, 1244; Innilä 2022, 135.) Koska oirekuva on moninainen ja hyvin laaja sekä osittain riippuvainen myrkytyksen aiheuttaneesta aineesta sekä



muista ulkoisista tekijöistä, on hermokaasumyrkytyksen tunnistamista ajatellen tärkeää kolinergisen toksidromin eli myrkytysoireyhtymän tyypillisempien oireiden muistaminen. Kolinergisen toksidromin yleisimmät oireet ovat mioosi, voimakas syljen- ja limaneritys sekä hengitysvaikeus. (Balali-Mood & Saber 2012, 78; Jett & Spriggs 2018, 2; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1244.) Hermokaasumyrkytyksen yleisimpien oireiden muistamiseen voi käyttää muistisääntöä SLUDGE (salivation, lacrimation, urination, defecation, GI-upset, emesis) (Hamele ym. 2014, 18). Teoreettisessa viitekehyksessä Innilä (2022, 136) mainitsee myös, oirekuvan olevan riippuvainen altistumisreitistä, altistuksen määrästä sekä potilaan yksilöllisistä ominaisuuksista.

Kirjallisuuskatsauksemme kolmannessa tutkimuskysymyksessä tarkastelimme, millaista kohdennettua lääkehoitoa hermokaasumyrkytyksen akuuttivaiheen ensihoidossa käytetään. Teoreettisen viitekehysten sekä tutkimustulostemme mukaan hermokaasumyrkytyksen akuuttivaiheen lääkehoito koostuu atropiinista, oksiimeista sekä bentsodiatsepiineista. (Balali-Mood & Saber 2012, 81; Moshiri ym. 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 269; Helenius & Kuisma 2021, 842–843; Boyd ym. 2022, 1248; Innilä 2022, 136–137). Tutkimustulostemme mukaan atropiinilla kilpailevana muskariinireseptoriantagonistina pyritään estämään kumuloituneen asetyylikoliinin vaikutuksia muskariinireseptoreissa (Balali-Mood & Saber 2012, 81; Moshiri ym. 2012, 11; Jett & Spriggs 2018, 2; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 269; Boyd ym. 2022, 1248). Atropiini ei ole hermokaasumyrkytyksen parantava hoito, koska sillä ei kyetä palauttamaan asetyylikoliinieräitystä toimintaa (Moshiri ym. 2012, 11). Sekä tutkimustulostemme, että teoreettisen viitekehysten mukaan atropiinihoidolla pyritään atropinisaatioon, jolloin potilaan hengitys helpottuu, keuhkoputkien supistuminen vähentyy, hengitysteiden liman erityks loppuu sekä sydämen syke nousee. Tämän takia atropiinihoidon tulisi olla tavoiteohjattua. Atropinisaatioon tarvittavat atropiini annokset ovat yleensä suuria. (Moshiri ym. 2012, 11; Hulse ym. 2019, 459; Helenius & Kuisma 2021, 842–843; Boyd ym. 2022, 1248; Innilä 2022, 136.) Tutkimustulostemme pohjalta teimme huomion atropiini annosten ja annosteluvälien eroavaisuuksista eri kansainvälisissä lähteissä. Tämä selittyy sillä, että atropiinihoidon tulisi olla tavoiteohjattua, jolloin tarkkojen annosten määrittäminen on haastavaa.

Kirjallisuuskatsauksemme tulosten mukaan toinen tärkeä hermokaasumyrkytyksen hoidossa käytettävä lääkeryhmä on oksiimit. Oksiimit palauttavat asetyylikoliinieräitystä toimintaa, vapauttamalla sen hermokaasumolekyylistä. (Balali-Mood & Saber 2012, 81–82; Moshiri ym. 2012, 12; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 2–3; Tattersall 2018, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1248.) Tutkimustulostemme sekä teoreettisen viitekehysten



perusteella voidaan todeta, että oksiimien annostelussa on tärkeää niiden mahdollisimman varhainen annostelu yhdessä atropiinin kanssa, ennen ikääntymisilmiötä. (Balali-Mood & Saber 2012, 81–82; Moshiri ym. 2012, 12; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 2–3; Tattersall 2018, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 338; Helenius & Kuisma 2021, 842; Boyd ym. 2022, 1248; Innilä 2022, 136–137.) Tutkimustuloksissamme käy lisäksi ilmi, että ikääntymisilmiössä hermokaasun ja asetyylikoliiniesteraasientsyymin sidos muuttuu lopulliseksi eli AChE:n toiminta estyy peruuttamattomasti. Ikääntymisilmiön nopeus vaihtelee hermokaasukohtaisesti. Oksiimeilla pyritään lievittämään nikotiinireseptorien yliaktivaatiosta johtuvia oireita. Oksiimeita on useita erilaisia ja niiden teho hermokaasuja vastaan vaihtelee. (Balali-Mood & Saber 2012, 81–82; Moshiri ym. 2012, 12; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 2–3; Tattersall 2018, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 338; Boyd ym. 2022, 1248.)

Teoreettisen viitekehyksen perusteella suomessa yleisesti käytössä oleva oksiimi on obidoksiimi, jota on myös Doublepen -autoinjektorissa (Helenius & Kuisma 2021, 842; Innilä 2022, 137). Tutkimustuloksissamme nousi esille, että kansainvälisesti yleisesti käytössä oleva oksiimi obidoksiimin ohella on pralidoksiimi. Pralidoksiimia on saatavilla myös autoinjektorissa yhdessä atropiinin kanssa. (Moshiri ym. 2012, 9; Newmark 2019, 338, 340; Boyd ym. 2022, 1248.)

Kolmantena hermokaasumyrkytyksen hoitoon käytettävänä lääkkeenä niin teoreettisessa viitekehysessä kuin tutkimustuloksissamme nousi esille bentsodiatsepiinit. Bentsodiatsepiineja käytetään ensisijaisesti antikonvulsivisina lääkkeinä ennaltaehkäisemään ja hoitamaan hermokaasujen aiheuttamia epileptisiä kohtauksia sekä status epilepticusta. Ne hoitavat myös potilaan kokemaa ahdistusta, pelkoa ja rauhattomuutta. (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 13; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 3; Tattersall 2019, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 339–340; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 275; Helenius & Kuisma 2021, 843; Boyd ym. 2022, 1247, 1249; Innilä 2022, 136–137.) Tutkimustuloksissamme käy lisäksi ilmi, että bentsodiatsepiinit vähentävät faskikulaatioita. Bentsodiatsepiinien vaikutus perustuu niiden keskushermostoa lamaavaan vaikutukseen, keskushermoston gamma-aminovoihapporeseptoreiden (GABA) kautta. Eri bentsodiatsepiineilla on todettu olevan eroja niiden tehossa. (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 13; Hamele ym. 2014, 19; Jett & Spriggs 2018, 3; Tattersall 2019, 51; Hulse ym. 2019, 460; Newmark 2019, 339–340; Maček Hrvat & Kovarik 2020, 275; Boyd ym. 2022, 1247, 1249.)



Tutkimustulostemme mukaan atropiinia ja oksiimeja voidaan annostella injektiona niin laskimoon, lihakseen kuin luuytimeenkin (Hamele ym. 2014, 18; Hulse ym. 2019, 459–460). Bentsodiatsepiinien luuytimeen annostelusta ei ole mainintaa tutkimusaineistossa. Bentsodiatsepiinien annostelu tapahtuu injektiona joko lihakseen tai laskimoon (Balali-Mood & Saber 2012, 82; Moshiri ym. 2012, 13; Hamele ym. 2014, 18; Boyd ym. 2022, 1247). Teoreettisessa viitekehyksessä Helenius & Kuisma (2021,843) sekä Innilä (2022, 136–137) mainitsevat annostelureitiksi atropiinille ja oksiimille, annostelun autoinjektorilla lihakseen sekä laskimon sisäisen injektion. Bentsodiatsepiineille he mainitsevat annostelureitiksi ainoastaan laskimon sisäisen injektion. Tutkimustuloksissamme sekä teoreettisessa viitekehyksessä korostuu hermokaasumyrkytyksen hoidossa käytettävien atropiinin ja oksiimien annostelu autoinjektoreilla lihakseen (Moshiri ym. 2012, 9; Tattersall 2018, 49; Helenius & Kuisma 2021, 842; Boyd ym. 2022, 1247–1248; Innilä 2022, 137). Tutkimustulostemme mukaan autoinjektorilla lihakseen annosteltavat lääkeaineet imeytyvät paremmin kuin tavanomaisella neulalla ja ruiskulla lihakseen annostellut lääkkeet. Autoinjektorin käyttö nopeuttaa potilaalle aloitettavaa lääkehoitoa, sillä lääkehoito voidaan aloittaa jo ennen potilaan puhdistamista, saastuneella alueella muidenkin kuin ensihoitohenkilöstön toimesta. (Moshiri ym. 2012, 9; Tattersall 2018, 49; Boyd ym. 2022, 1247–1248.)

## **6.2 Kirjallisuuskatsauksen luotettavuus ja etiikka**

Tieteellisen toiminnan ydin on tutkimuksen eettisyys. Pietarisen (2002) eettisten vaatimusten lista antaa hyvän pohdintaperustan eettisille kysymyksille. Näitä vaatimuksia ovat: älyllisen kiinnostuksen vaatimus, tunnollisuuden vaatimus, rehellisyyden vaatimus, vaaran eliminoiminen, ihmisarvon kunnioittaminen, sosiaalisen vastuun vaatimus, ammatinharjoituksen edistäminen sekä kollegiaalinen arvostus. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2018, 211–212.)

Tässä työssä noudatimme tutkimuksen eettisiä periaatteita. Olimme kiinnostuneita tutkittavasta aiheesta sekä perehdyimme tutkimuksen tekemisen jokaiseen vaiheeseen huolellisesti metodikirjallisuutta käyttäen. Teimme työmme rehellisesti, tunnollisesti sekä käytimme tieteellistä aineistoa eettisiä periaatteita noudattaen. Huomionarvoista on myös se, että oppilaitoksemme Oulun ammattikorkeakoulu on sitoutunut noudattamaan Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeistusta (Oulun ammattikorkeakoulu 2022). Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeistus muun



muassa *”Edistää hyvää tieteellistä käytäntöä, ennaltaehkäisee tiedevilppiä sekä edistää tutkimusetiikkaa koskevaa keskustelua ja tiedotusta.”* (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2022).

Tutkimuksen vaiheet raportoimme ilman vilppiä sekä siten, että tutkimus on toistettavissa. Lisäksi suoritimme raportoinnin niin, että lukija pystyy seuraamaan tutkimuksen vaiheita. Kirjallisuuskatsauksen toteutuksessa ja raportoinnissa noudatimme Oulun ammattikorkeakoulun opinnäytetyön mallipohjan antamia ohjeita sekä oppilaitoksen ohjeistamaa lähdeviitetekniikkaa. Lähdeviitetekniikan oikea käyttö antaa muiden tutkijoiden tekemälle työlle asianmukaisen arvon ja kunnioituksen – plagiointi ei ole eettistä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2018, 24, 26).

Tiedostamme sen, että ammattikorkeakouluopiskelijoina meidän tulee hallita hyvä tieteellinen käytäntö ja sen vastuut. Lisäksi tiedostamme yleiset periaatteet, jotka koskevat ihmiseen kohdistuvaa tutkimusta sekä eettisen ennakkoarvioinnin lähtökohdat ja sen tarpeellisuuden. Toteutimme opinnäytetyömme itsenäisesti ilman sitoumuksia, sopimuksia tai yhteistyökumppaneita, eikä tutkimus kohdistunut ihmisiin. Näin tutkimuksemme tuottaminen ei vaatinut erillisiä tutkimuslupia tai sopimuksia.

Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida luotettavuuden, sovellettavuuden, riippuvuuden, vahvistettavuuden sekä saturoitumisen avulla. Luotettavuudella tarkoitetaan sitä, että tarkan dokumentaation pohjalta myös muiden tutkijoiden tulisi päästä samaan lopputulokseen. Luotettavuuteen vaikuttaa myös se, miten hyvin tutkimustulokset kuvaavat tutkittavaa ilmiötä. Sovellettavuudella tarkoitetaan sitä, miten hyvin tutkimustuloksia voidaan hyödyntää muissa tutkimuskohteissa. Riippuvuudella kuvastetaan sitä, kuinka oikeita tulkintoja tutkimustuloksista on tehty. Tulkintoja voidaan pitää oikeina, jos ulkopuoliset päätyvät samaan tulkintaan aineiston avulla. Vahvistettavuudesta on kyse silloin, kun tutkimusaineiston pohjalta tehdyt tulkinnat ja tulokset saavat tukea muista tutkimuksista. Saturaatiolla puolestaan tarkoitetaan sitä, että havaintoyksiköitä on niin monta, että ne eivät enää tuota uutta informaatiota tutkimustulosta ajatellen. (Kananen 2015, 343, 352–355.) Kirjallisuuskatsauksemme luotettavuutta lisää se, että valitsimme tutkimukseemme mukaan lähdeaineistoa sellaisen määrän, että tutkimustuloksemme saturoituivat.

Tutkimustulostemme luotettavuutta pyrimme lisäämään myös siten, että arvioimme ja valitsimme tutkimuksemme lähdeaineistoa, ensin itsenäisesti ja sitten yhdessä. Näin toimimalla tutkimuksemme lähdeaineistoksi valikoitui vain sellaista lähdeaineistoa, jonka molemmat tutkijat



olivat valinneet toisistaan riippumatta. Tämä vähensi tutkijoiden ennakkokäsitysten, mielipiteiden ja subjektiivisuuden vaikutusta aineiston valintaan. Samalla tutkimuksen objektiivisuus lisääntyi, eli tutkimuksen tulokset ovat tutkijoista riippumattomia. (Niiniluoto 1980, 244–247.) Myöhemmässä vaiheessa molempien tutkijoiden työskentely aineiston parissa tutkijaryhmänä mahdollisti työskentelyn aikaisen vertaisarvioinnin ja lisäsi tätä kautta tutkimuksemme luotettavuutta.

Hyödynsimme aineiston hankintavaiheessa Oulun yliopiston informaation tietotaitoa eri tietokantojen käytössä sekä hakulausekkeiden muodostamisessa ja valinnassa. Tutkimuksemme aineistoksi valikoituneiden lähteiden luotettavuuden arviointi aloitettiin jo tietokantojen luotettavuuden arvioinnilla. Käytimme aineiston hakemiseen vain yleisesti luotettavina pidettyjä tietokantoja (ScienceDirect, Pubmed, Medic, Ebsco). Artikkeleiden kirjoittajien luotettavuutta ja taustaa arvioimme selvittämällä muun muassa heidän mainettaan tiedeyhteisössä sekä selvittämällä, onko heidän aikaisempia tutkimuksiaan käytetty lähdeaineistoina muuhun tutkimustyöhön. (Oulun yliopisto 2022.) Kirjallisuuskatsauksemme valikoituneiden tutkimusten tekijöillä on havaittu olevan muun muassa edellä mainittuja, heidän luotettavuuttaan lisääviä tekijöitä.

Kirjallisuuskatsauksen raportin pohdintaosiossa on tärkeää luotettavuuden kannalta tarkastella asioita, mitkä ovat voineet aiheuttaa vääristymää tutkimustuloksiin. (Niela-Vilén & Hamari 2016, 23) Opinnäytetyömme tulosten luotettavuutta voi heikentää se, että suurin osa aineistosta oli englanninkielistä, jolloin on aina olemassa mahdollisuus käännösvirheille. Tämän takia myös opinnäytetyöhömmä sopivaa aineistoa on voinut rajautua pois. Aineiston poisrajautumiseen on voinut vaikuttaa myös maksullisen aineiston jättäminen tutkimuksemme ulkopuolelle. Aineiston valintaa ohjanneet sisäänotto- ja poissulkukriteerit ovat myös osaltaan voineet negatiivisesti vaikuttaa aineiston rajautumiseen. Kirjallisuuskatsauksemme luotettavuutta voi myös heikentää se, että kaikista lähdeartikkeleista vain yksi oli vertaisarvioitu.

### **6.3 Ammatillinen kasvu**

Kirjallisuuskatsauksen tekeminen on ollut mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Katsauksen tekeminen on vaatinut suunnitelmallista ja pitkäjänteistä työskentelyä koko prosessin ajan. Opinnäytetyötä aloittaessamme vain toisella tutkijoista oli aiempaa kokemusta tutkimuksen tekemisestä. Oulun ammattikorkeakouluun siirto-opiskelijoina tullessa, tutkijoiden suorittamat



tutkimusmenetelmiä käsittelevät opintojaksot ovat myös olleet sisällöltään jossain määrin eriäviä. Tästä johtuen tutkijoiden lähtökohdat tutkimuksen toteuttamiseen ovat olleet eri tasoiset. Tutkimuksen edetessä tämä tasoero on kuitenkin kaventunut. Opinnäytetyöprosessiin olemme saaneet paljon tukea menetelmäkirjallisuudesta, joka on vahvasti ohjannut kirjallisuuskatsauksemme työstämistä. Opinnäytetyöprosessi kehitti lähdekritiikkiä entisestään sekä opetti meitä tieteellisen tekstin tuottamisessa.

Ensihoidon asiantuntijuutta ajatellen opinnäytetyömme aihe on ollut mielenkiintoinen sekä mukaansa tempaava. Opinnäytetyömme kautta olemme päässeet perehtymään syvällisesti hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaan, oirekuvaan sekä myrkytyksen kohdennettuun akuuttivaiheen lääkehoitoon. Tutkimuksen tuottamisen myötä meille tutkijoina vahvistui ajatus, siitä että ammattitaitoisen ensihoitajan tulisi jossain määrin tuntea hermokaasumyrkytyksen patofysiologiaa sekä tunnistaa kolinerginen toksidromi, eli myrkytysoireyhtymä ja tuntea pääpiirteittäin hermokaasumyrkytyksen kohdennettu lääkehoito akuuttivaiheessa. Pääasiassa englanninkielinen lähdeaineisto on antanut meille mahdollisuuden tarkastella ensihoitoa myös kansainvälisestä näkökulmasta.

#### **6.4 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet**

Kirjallisuuskatsauksemme tulosten perusteella voidaan todeta, että hermokaasumyrkytys aiheuttaa elimistössä asetyylikoliinin kumuloitumisen synapsirakoon. Kumuloitumisesta aiheutuu potilaalle laajasti erilaisia kolinergisiä oireita ja löydöksiä, jotka hoitamattomana johtavat potilaan kuolemaan. Hermokaasumyrkytyksen hoidon aloittamisen kannalta on tärkeää tunnistaa kolinerginen toksidromi eli myrkytysoireyhtymä.

Hermokaasumyrkytyksen hoito perustuu vastalääkkeiden antamiseen, joka tyypillisimmin aloitetaan annostelemalla potilaalle autoinjektorilla atropiinia ja oksiiimia. Vastalääkkeiden annostelussa korostuu lääkehoidon nopea aloitus, jotta säilytetään oksiiimien teho. Oksiiimien teho heikkenee hermokaasuille tyypillisen ikääntymisilmiön vuoksi. Nopealla lääkehoidon aloituksella on suora vaikutus potilaan ennusteeseen ja selviytymiseen. Lääkehoidon aloitusta nopeuttaa autoinjektorin käyttö. Autoinjektorilla vastalääkkeet voidaan antaa potilaalle jo saastuneella alueella esimerkiksi pelastushenkilöstön toimesta. Suomessa on käytössä Doublepen -autoinjektori, joka sisältää atropiinia ja obidoksiimia. Atropiinin antamisella vastalääkehoidossa tavoitteena on



atropinisaatio ja potilaan oirekuvan helpottuminen. Hermokaasumyrkytyksen kohdennettuun lääkehoitoon kuuluu atropiinin ja oksiihin lisäksi bentsodiatsepiinien antaminen antikonvulsivisena hoitona. Bensodiatsepiinien käytöllä yhdessä muiden hermokaasumyrkytyksen vastalääkkeiden kanssa on todettu olevan kuolleisuutta ja sairastavuutta vähentävä vaikutus.

Kun peilasimme tutkimustuloksiamme kirjallisuuskatsauksen teoreettiseen viitekehykseen, tulimme siihen tulokseen, että hermokaasumyrkytyksen kohdennettu lääkehoito noudattelee sekä kansainvälisesti että Suomessa hyvin samoja linjoja. Pieniä eroavaisuuksia löytyy käytettävissä lääkaineissa, aineiden annoksissa sekä lääkehoito-ohjeissa.

Aiheesta tehtyjen tutkimusten suuren määrän vuoksi tämä kirjallisuuskatsaus täyttää tutkimuksen tavoitteen koota yhteen tiivistetysti tietoa lisäävä kokonaisuus hermokaasumyrkytyksestä ja sen hoitamisesta. Kirjallisuuskatsaustamme voidaan hyödyntää ensihoitajien opetusmateriaalin luomiseen ja itseopiskelumateriaalina aiheesta kiinnostuneille.

Keskusteltuamme kirjallisuuskatsauksemme aiheesta kokeneiden ensihoitajien kanssa huomasimme aiheen olevan heille hyvin abstrakti ja tuntematon. Kuitenkin lähihistoriassakin esiintyy tapauksia, joissa hermokaasuja on käytetty erilaisissa vahingoittamistarkoituksissa. Tämä muodostaa yksinkertaisimmillaan tarpeen jatkotutkimusaiheeksi hermokaasumyrkytyksen ja sen aiheuttaman kolinergisen toksidromin, tunnistamista ja hoitoa käsittelevälle koulutuspaketille. Koulutuksen tulisi myös sisältää hermokaasumyrkytyksen hoidossa mahdollisesti käytössä olevan autoinjektorin käytön koulutus, jotta autoinjektoria kyetään käyttämään kaikissa tilanteissa työ- ja potilasturvallisesti.

Jatkotutkimusaiheena esitämme tarpeen myös suurempimittaiselle eri viranomaistahoja yhdistävälle kemikaalionnettomuusteemaiselle käytännön harjoittelulle. Tällaisessa harjoituksessa onnettomuuden aiheuttavana aineena voisi olla hermokaasu tai hermokaasuihin liittyvä onnettomuus voisi olla osana isompaa harjoituskokonaisuutta. Yhteistoimintaharjoituksella voitaisiin ylläpitää ja kehittää osaamista hermokaasumyrkytyksiin liittyen sekä tunnistaa osaamisen puutteita ja toimintamallien kehittämisen tarpeita. Kehittämistarpeiden tunnistaminen voitaisiin toteuttaa havainnointitutkimuksen keinoin.

Havaitsimme tutkimusta tehdessämme, että hermokaasumyrkytyksen lääkehoitoon etsitään aktiivisesti uusia ja tehokkaampia lääkkeitä. Toivomme tämän kehitystyön jatkuvan, koska



tutkimusaineiston perusteella olemme havainneet, että myös hermokaasujen aktiivista kehittämistä on jatkettu. Esitämme jatkotutkimusaiheiksi lääkehoitoon liittyen tutkimuksia hermokaasumyrkytyksen lääkehoidosta sairaalan sisällä sekä nykyisestä hoitoprotokollasta poikkeavien vaihtoehtoisten lääkkeiden käytöstä.



## LÄHTEET

Alanen, Pasi, Jormakka, Juha & Kettunen, Jukka 2023. Oireista työdiagnoosiin. 4. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Balali-Mood, Mahdi & Saber, Hamidreza 2012. Recent Advances in the Treatment of Organophosphorous Poisonings. Iran J Med Sci June 2012; Vol 37 No 2, 74–91. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. vaatii käyttöoikeuden.

Bjälle, Jan G., Haug, Egil, Sand, Olav, Sjaastad, Øystein V. & Toverud, Kari C. 2007. Ihminen – Fysiologia ja anatomia. 4. painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Boyd, James, Helenius, Pietari, Innilä, Kari & Lilius, Tuomas 2022. Hermokaasumyrkytyksen tunnistaminen ja hoito. Duodecim 2022; 138:1243–50. Hakupäivä 5.7.2023. Medic -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Elvytys. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2021 (viitattu 9.12.2023). Saatavilla internetissä: [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)

Hamele, Mitchell, Poss, Bradley & Sweney, Jill 2014. Disaster preparedness, pediatric considerations in primary blast injury, chemical, and biological terrorism. Word Journal of Critical Care Medicine 201 February 4; 3(1): 15-23. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Helenius, Pietari & Kuisma, Markku 2021. Kemialliset, biologiset, säteily- ja räjähdysonnettomuudet. Teoksessa Ensihoito (toim. Markku Kuisma, Peter Holmström, Jouni Nurmi, Kari Porthan & Tuukka Puolakka). 8., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 834, 840, 842–843

Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula 2018. Tutki ja kirjoita. 22. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.



Hoitotyön tutkimussäätiö. Hoitosuositusten laadinta. Hakupäivä 30.8.2022.

<https://hotus.fi/hoitosuosituksien/laadinta/>

Holmström, Peter 2021. Ensiarvio ja yleistutkimus. Teoksessa Ensihoito (toim. Markku Kuisma, Peter Holmström, Jouni Nurmi, Kari Porthan & Tuukka Puolakka). 8., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 135, 137–138.

Hulse, Elspeth, Haslam, James, Emmett, Stevan & Woolley, Tom 2019. Organophosphorus nerve agent poisoning: managing the poisoned patient. British Journal of Anaesthesia 123 (4): 457-463 (2019). Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaati käyttöoikeuden.

Humppi, Tarmo & Mesilaakso, Markku 2014. Kemiallisia aseita poistetaan Syyriasta. Hakupäivä 8.3.2022.

[https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2815786/PVTUTKL\\_TUTKIMUSKATSAUS\\_2014\\_1\\_ver2.pdf/26e09821-15b8-4f6e-9376-51ee384aef46/PVTUTKL\\_TUTKIMUSKATSAUS\\_2014\\_1\\_ver2.pdf?t=1464947287000](https://puolustusvoimat.fi/documents/1951253/2815786/PVTUTKL_TUTKIMUSKATSAUS_2014_1_ver2.pdf/26e09821-15b8-4f6e-9376-51ee384aef46/PVTUTKL_TUTKIMUSKATSAUS_2014_1_ver2.pdf?t=1464947287000)

Innilä, Kari 2022. Hermokaasumyrkytys. Teoksessa Myrkytysten hoito (toim. Tuomas Lilius, Sari Karlsson, Leena Soininen & Juha Valli). 2., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 136–137

Innilä, Kari 2015. Toiminta epäiltäessä kemiallisen aseiden käyttöä. Teoksessa Suuronnettomuus-opas (toim. Maaret Castrén, Simo Ekman, Rami Ruuska & Tom Silfvast). 3., uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 502–504.

Jett, David & Spriggs, Shardell 2018. Translational research on chemical nerve agents. Neurobiology of Disease 133 (2020) 104335. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Johnson, Nathan, Larsen, Joseph, Meek, Edward 2015. Historical perspective of chemical warfare agents. ScienceDirect. Hakupäivä 22.12.2021.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128001592000026>



Kananen, Jorma 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kankkunen, Päivi & Vehviläinen-Julkunen, Katri 2018. Tutkimus hoitotieteessä. 3.–6. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Koulu, Markku 2018. Kolinergistä stimulaatiota aiheuttavat lääkeaineet. Teoksessa Farmakologia ja Toksikologia (toim. Markku Koulu & Eero Mervaala). 10. uudistettu painos. Kuopio. Kustannusosakeyhtiö Medicina, 229–230.

Leppäluoto, Juhani, Kettunen, Raimo, Rintamäki, Hannu, Vakkuri, Vierimaa, Heidi & Lätti, Sole 2016. Anatomia ja fysiologia – Rakenteesta toimintaan. 6. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Maček Hrvat, Nikolina & Kovarik, Zrinka 2020. Counteracting poisoning with chemical warfare nerve agents. Arh Hig Rada Toksikol 2020; 71: 266–284. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Moshiri, Mohammdd, Darchini-Maragheh & Balali-Mood, Mahdi 2012. Advances in toxicology and medical treatment of chemical warfare nerve agents. DARU Journal of Pharmaceutical Sciences 20:81, 1–24. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Määttä, Teuvo & Harve-Rytsälä, Heini 2021. Ensihoitopalvelun organisointi. Teoksessa Ensihoito (toim. Markku Kuisma, Peter Holmström, Jouni Nurmi, Kari Porthan & Tuukka Puolakka). 8., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 17, 21, 26, 29.

Naarajärvi, Saija & Telkki, Tuomas 2019. Perustason ensihoito. Helsinki. Sanoma Pro Oy.

Newmark, Jonathan 2019. Therapy for acute nerve agent poisoning. American Academy of Neurology vol. 9 no. 4, 337–342. Hakupäivä 5.7.2023. Pubmed -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Niela-Vilén, Hannakaisa & Hamari, Lotta 2016. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä (toim. Minna Stolt, Anna Axelin & Riitta Suhonen). 2. korjattu painos. Turku: Juvenes Print, 23, 25–28, 30–33.



Niiniluoto, Ilkka 1984. Johdatus tieteen filosofiaan: Käsitteen- ja teorianmuodostus. 2. painos. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset.

Nurmi, Jouni 2021. HEMS-toiminta. Teoksessa Ensihoito (toim. Markku Kuisma, Peter Holmström, Jouni Nurmi, Kari Porthan & Tuukka Puolakka). 8., uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy, 37–39.

OPCW 2020. OPCW Releases first report by investigation and identification team. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www.opcw.org/media-centre/news/2020/04/opcw-releases-first-report-investigation-and-identification-team>

Oulun ammattikorkeakoulu 2022. Opinto-opas. Hakupäivä 28.3.2022. <https://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opinnaytetyo>

Oulun yliopisto 2022. Tiedonhaun itseopiskelu: Lähteen arviointi ja tekijän oikeus. Hakupäivä 26.1.2024. <https://libguides oulu.fi/c.php?g=682531&p=4869369>

Puolustusvoimat 1996. Suojelun käsikirja (Slukäsik) 1996. Hakupäivä 15.10.2023 <https://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/2258487/PEVIESTOS-suojelunkasikirja.pdf/4eb38716-168d-4da8-a1d6-55620133c01c/PEVIESTOS-suojelunkasikirja.pdf/PEVIESTOS-suojelunkasikirja.pdf?t=1459255901000>

Puolustusvoimat 2022. Suojelutoiminnan käsikirja 2022. Hakupäivä 15.10.2023 [https://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/0/Suojelutoiminnan\\_k%C3%A4sikirja\\_2022.pdf/1906346c-4d8e-bb4d-b655-05fa210df2e3/Suojelutoiminnan\\_k%C3%A4sikirja\\_2022.pdf?t=1669291624842](https://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/0/Suojelutoiminnan_k%C3%A4sikirja_2022.pdf/1906346c-4d8e-bb4d-b655-05fa210df2e3/Suojelutoiminnan_k%C3%A4sikirja_2022.pdf?t=1669291624842)

Riihimäki, Vesa & Jousela, Irma 2004. Kemikaalien aiheuttama joukkomyrkytys. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www.duodecimlehti.fi/duo94118>

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Hakupäivä 17.3.2022. [https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)



Sisäministeriö 2017. Kansallinen CBRNE-strategia 2017. Hakupäivä 12.12.2023.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-324-166-4>

Solunetti 2006. Asetyylikoliinireseptori (nikotiinireseptori). Hakupäivä 5.1.2024.  
<https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/asetyylikoliinireseptori/3/>

Sosiaali- ja terveysministeriö 2023. Ensihoito. Hakupäivä 17.10.2023. <https://stm.fi/ensihoito>

Suhonen, Riitta, Axelin, Anna & Stolt, Minna 2016. Erilaiset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä (toim. Minna Stolt, Anna Axelin & Riitta Suhonen). 2. Korjattu painos. Turku: Juvenes Print, 9.

Tattersall, John 2018. Anticholinesterase toxicity. Current Opinion in Physiology 2018, 4: 49–56. Hakupäivä 5.7.2023. ScienceDirect -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden.

Terveydenhuoltolaki 30.12.2010/1326. Hakupäivä 18.12.2023.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326>

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2017. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. Hakupäivä 30.8.2022. Bookbeat. Vaatii käyttöoikeuden.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2022. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Hakupäivä 28.3.2022.  
<https://www.tenk.fi/fi>

Verifin 2021. Kemiallisen aseiden kieltosopimus. Hakupäivä 22.12.2021.  
<https://www2.helsinki.fi/fi/verifin-kemiallisen-aseiden-kieltosopimuksen-instituutti/tietoa/kemiallisen-aseiden-kieltosopimus>

Verifin 2021. Tehtävät. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www2.helsinki.fi/fi/verifin-kemiallisen-aseiden-kieltosopimuksen-instituutti/tehtavat>

Verifin 2022. Kansallinen viranomaisen. Hakupäivä 31.3.2022. <https://www2.helsinki.fi/fi/verifin-kemiallisen-aseiden-kieltosopimuksen-instituutti/tehtavat/kansallinen-viranomaisen>



Vähäkangas, Kirsi & Myllynen, Päivi 2014. Kemiallisten aseen aiheuttamat myrkytykset. Teoksessa Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia (toim. Olavi Pelkonen, Heikki Ruskoaho, Jukka Hakkola, Risto Huupponen, Ewen MacDonald, Eeva Moilanen, Markku Pasanen, Mika Scheinin & Kirsi Vähäkangas). 4. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 1031–1033.