

Lääkitysturvallisuus laskimon- sisäisessä lääkehoidossa: lääkityspoikkeamien syyt ja järjestelmälähtöiset suojaukset niiden ehkäisemiseksi sairaaloissa

Sini Kuitunen

Klinikaproviisori (lasten ja nuorten sairaudet), FaT
HUS Apteekki, Helsingin yliopistollinen sairaala (HUS)
Vieraileva tutkija
Helsingin yliopisto
sini.kuitunen@hus.fi

Sini Kuitusen lääketutkimuksen tohtoriohjelmaan kuulunut väitöskirja *Medication safety in intravenous drug administration: Error causes and systemic defenses in hospital setting* tarkastettiin Helsingin yliopiston Farmasian tiedekunnassa 7.10.2022. Vastaväittäjänä toimi professori Anne Gerd Granås (Oslo yliopisto, FaT). Kustoksena toimi professori Marja Airaksinen (Helsingin yliopisto, FaT).
Väitöskirja on julkaistu sähköisesti Helsingin yliopiston kokoelmissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-8563-1>

Väitöskirja perustuu osajulkaisuihin:

^I Kuitunen S, Niittynen I, Airaksinen M, Holmström AR: Systemic causes of in-hospital intravenous medication errors: A systematic review. *J Patient Saf* 17(8):e1660–e1668, 2021 doi:10.1097/PTS.0000000000000632 (Open Access)

^{II} Kuitunen SK, Niittynen I, Airaksinen M, Holmström AR: Systemic defenses to prevent intravenous medication errors in hospitals: A systematic review. *J Patient Saf* 17(8):e1669–e1680, 2021 doi:10.1097/PTS.0000000000000688 (Open Access)

^{III} Kuitunen S, Kärkkäinen K, Linden-Lahti C, Schepel L, Holmström AR: Dose error reduction software in medication safety risk management – Optimising the smart infusion pump dosing limits in neonatal intensive care unit prior to implementation. *BMC Pediatr* 22(1):118, 2022 doi:10.1186/s12887-022-03183-8 (Open Access)

Kuitunen S: Lääkitysturvallisuus laskimonsisäisessä lääkehoidossa: lääkityspoikkeamien syyt ja järjestelmälähtöiset suojaukset niiden ehkäisemiseksi sairaaloissa. *Dosis* 39: 238–252, 2023

Tiivistelmä

Johdanto

Laskimonsisäiseen lääkkeen annosteluun liittyy merkittävä lääkityspoikkeamien ja vakavien haittatapahtumien riski. Sairaaloissa käytetään useita laskimoon annosteltavia suuren riskin lääkkeitä, joiden virheellinen käyttö johtaa muita lääkkeitä todennäköisemmin vakaviin haittoihin.

Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa tunnistettiin järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen perusteella lääkityspoikkeamien järjestelmälähtöisiä syitä (osatyö I) sekä lääkehoitoprosessin suojauksia (osatyö II). Osatyö III toteutettiin monimenetelmä tutkimuksena ja siinä mallinnettiin annoksen turvarajojen asettamista älyinfuusiopumppujen lääkekirjastoon vastasyntyneiden teho-osastolla. Teoreettisena viitekehystenä käytettiin inhimillisen erehdyksen teoriaa ja järjestelmänäkökulmaa lääkehoitoprosessin riskien hallinnassa.

Tulokset

Osatyössä I (n = 11 tutkimusta) tunnistettiin lääkityspoikkeamien syntyyn vaikuttavia järjestelmälähtöisiä syitä, jotka liittyivät lääkehoidon määräämiseen (n = 6), käyttökuntoon saattamiseen (n = 6), antamiseen (n = 6), jakeluun ja varastointiin (n = 5) sekä seurantaan (n = 2). Yleisimpiä syitä olivat riittämättömät toimenpiteet suuren riskin lääkkeiden turvallisen käytön varmistamisessa, puutteellinen lääketietämys, virheet laskutoimituksissa ja kaksoistarkistuksissa sekä toisiltaan näyttävien ja kuulostavien lääkkeiden sekaantuminen keskenään. Osatyössä II (n = 46 tutkimusta) kuvattiin lääkehoitoprosessin suojauksia, jotka liittyivät lääkkeiden antamiseen (n = 24), määräämiseen (n = 8), käyttökuntoon saattamiseen (n = 6), hoidon seurantaan (n = 2), jakeluun (n = 1) sekä laajemmin koko lääkehoitoprosessiin (n = 5). Katkeamattoman lääkehoitoprosessin piirteitä tunnistettiin 61 prosentissa tutkimuksista, ja älyinfuusiopumput olivat eniten tutkittu suojaus (24 %). Osatyössä III analysoiduista lääkityspoikkeamista 3,5 % (n = 21/601) liittyi väärään infuusionopeuteen, ja niiden perusteella testitapauksiksi määritettiin 2-, 5- ja 10-kertaiset infuusionopeudet sekä eri lääkkeiden antonopeuksien sekaantuminen keskenään. Testitapauksissa (n = 226) infuusiopumput eivät hälyttäneet tavanomaisia nopeuksia ohjelmoitaessa (n = 32), mutta virheellisistä infuusionopeuksista 73 % (n = 70/96) aiheutti hälytyksen. Nopeuksien sekaantuminen keskenään laukaisi hälytyksen vain 24 %:ssa (n = 24/98) testitapauksista.

Johtopäätökset

Sairaaloiden laskimonsisäinen lääkehoitoprosessi kehittyi kohti katkeamatonta lääkehoitoprosessia, mutta se on edelleen altis lääkityspoikkeamille. Uusien teknologioiden käyttöönotto muuttaa myös lääkehoitoprosessin riskikohtia, mikä korostaa ennakoivan riskienhallinnan merkitystä osana sairaaloiden toimintaa.

Avainsanat: laskimonsisäinen infuusio, laskimonsisäinen injektio, lääkehoitoprosessin suojaus, lääkityspoikkeama, lääkitysturvallisuus, riskien hallinta, sairaala, älyinfuusiopumppu

Johdanto

Terveysturvallisuudessa merkittävimpiä potilasturvallisuutta vaarantavia tekijöitä ovat lääkehoitoon liittyvät vaaratapahtumat, jotka olisivat usein estettävissä asianmukaisella riskien hallinnalla (WHO 2017, Panagioti ym. 2019, Hodkinson ym. 2020). Erityisesti riskialttiit lääkkeiden käyttöprosessit, hoitoympäristöt ja potilasryhmät sekä tietyt suuren riskin lääkkeet on yhdistetty lääkityspoikkeamien korkeaan esiintyvyyteen ja vakavampiin seurauksiin potilaalle (WHO 2017, ISMP 2018). Sairaalat ovat turvallisuuskriittisiä organisaatioita (*high reliability organization*, HRO), joiden laatu- ja toimintakulttuuri ovat oikeudenmukainen toimintakulttuuri (*just culture*), virheistä oppiminen ja järjestelmälähtöisten suojausten rakentaminen turvaamaan eri työvaiheiden oikeaa toteutumista (Reason 2000, Council of Europe 2007). Oikeudenmukaisessa toimintakulttuurissa turvallisuutta arvostetaan ja henkilökuntaa kannustetaan tuomaan esiin siihen liittyviä poikkeamia. Vastuu turvallisuudesta jaetaan tasaisesti järjestelmän ja yksilöiden kesken, eikä tahallisia rikkomuksia tai vahingollisia toimia hyväksytä. Viime vuosina reaktiivista, jo tapahtuneiden virheiden korjaamiseen tähtäävää riskien hallintaa on täydennetty ennakoinnin riskien hallinnan keinoin (esim. lääkitysturvallisuusauditoinnit sekä vika- ja vaikutusanalyysi, *failure mode and effects analysis*, FMEA) (Reason 2000, Dücker ym. 2009). Tehokkaimmin virheitä vähentävät ja niiden havaitsemista edistävät lääkehoitoprosessin suojaukset keskittyvät järjestelmän kehittämiseen (esim. väärästä annoksesta varoittavat annoksen turvarajat potilastietojärjestelmässä tai älyinfuusiopumpuissa) (ISMP 2006, Billstein-Leber ym. 2018, ISMP 2020). Ensimmäisistä ihmisen valppauteen nojaavat toimenpiteet (esim. muistutukset, tiedotteet ja manuaaliset kaksoistarkistukset) on usein helpompi ottaa käyttöön, mutta niiden vaikuttavuus on järjestelmää muuttavia suojauksia heikompi (ISMP 2006).

Laskimonsisäistä (i.v.) antoreittiä käytetään sairaaloissa laajasti lääkkeen välittömän vaikutuksen ja korkean biologisen hyötösuuden vuoksi. Suurin osa akuuttihoidossa käytettävistä suuren riskin lääkkeistä annostellaan laskimonsisäisesti (ISMP 2018). Kansainvälisessä

kirjallisuudessa on kuvattu useita vakavia ja jopa kuolemaan johtaneita lääkityspoikkeamia, jotka liittyvät i.v.-lääkkeisiin (Taulukko 1). Lääkitysturvallisuuden varmistamiseksi on tärkeää rakentaa sairaaloiden laskimonsisäiseen lääkehoitoprosessiin suojauksia (esim. i.v.-linjaston kanssa yhteensopimattomat oraali- ja injektio-aineet), jotka ehkäisevät virheiden syntymistä tai auttavat havaitsemaan niitä (Grissinger 2013, ISMP 2022b). Esimerkiksi Helsingin yliopistollisessa sairaalassa (HUS) on viime vuosina otettu käyttöön uusia teknologisia lääkehoitoprosessin suojauksia, kuten älylääkekaapit, lääkkeiden käyttökuntoon saattoa ohjaava järjestelmä (ml. potilastietojärjestelmän muodostama lääkkeen valmisteluohje ja etiketti sekä oikeiden ainesosien tunnistaminen viivakoodien avulla), viivakoodiavusteinen lääkkeen anto ja infuusiopumppujen lääkekirjastot. Vaikka lääkitysturvallisuus on ollut kiinteä osa suomalaisen terveydenhuoltojärjestelmän potilasturvallisuustyötä viime vuosikymmeninä, on erityisesti farmasian alan tutkimuksessa kiinnitetty vielä vähemmän huomiota laskimonsisäisen lääkehoitoprosessin turvallisuuteen.

Älyinfuusiopumput ovat infuusiolaitteita, joissa on päätöksentekoa tukeva annospoikkeamia vähentävä järjestelmä (*dose error reduction software*, DERS) (Kuva 1) (ISMP 2020). Annospoikkeamia vähentävä järjestelmä koostuu infuusiopumppuihin rakennetusta lääkekirjastosta ja toteutuneista infuusiosta tietoa keräävästä järjestelmästä, johon kertynyttä tietoa hyödynnetään aktiivisesti seuranta- ja kehittämistarkoituksiin. Älyinfuusiopumppuja käytetään Yhdysvalloissa yli 80 % sairaaloista, mutta Euroopassa ja erityisesti Suomessa niiden käyttö on vielä vähäisempää (Ohashi ym. 2014). Niiden käyttö tulee todennäköisesti meilläkin lisääntymään, sillä annoksen turvarajojen on havaittu ehkäisevän vakavia lääkityspoikkeamia (esim. jopa 29-kertainen infuusionopeus vastasyntyneiden teho-osastolla) (ISMP 2020, Melton ym. 2021). Parhaimmillaan älyinfuusiopumput integroidaan potilastietojärjestelmään, jolloin tieto lääkemääräyksen mukaisesta infuusionopeudesta siirtyy suoraan potilastietojärjestelmästä infuusiopumpulle ja vastaavasti tieto kullakin laitteella annostelusta nestemäärästä välittyy pumpulta takaisin

Taulukko 1. Esimerkkejä vakavista i.v.-lääkehoitoon liittyvistä lääkityspoikkeamista (Grissinger 2013, ISMP 2020, 2022a ja 2022b).

Riski	Esimerkki lääkityspoikkeamasta ja poikkeaman seuraukset	Suosituksuet poikkeamien ehkäisemiseksi
Elektrolyytti-konsentraatin annostelu vahingossa laimentamattomana	Kaliumkloridi-ampullin sekaantuminen injektio kuiva-aineen liuottamisessa käytettävään laimeampaan infuusionesteeseen → Vakavat rytmihäiriöt, sydämen pysähdys, jopa kuolema	Elektrolyytti-konsentraattien säilytys vain sairaala-apteekissa (ei hoitoalueilla!), sairaala-apteekin tekemät valmiit laimennokset elektrolyyttikorjauksiin
Infuusiopumpun ohjelmointivirheet	10-kertainen i.v.-morfiinin infuusionopeus pilkkuvirheen seurauksena → Liian suuri annos, hengityslama, jopa kuolema	Infuusiopumppujen lääkekirjaston ja annospoikkeamia vähentävän järjestelmän käyttö, infuusiopumppujen laiteintegraatio potilastietojärjestelmän kanssa
i.v.-lääkkeen annostelu vahingossa intratekaaliseen tilaan	i.v.-vinkristiin annostelu vahingossa intratekaalisesti metotreksaatin sijasta saman näköisten lääkeruiskujen sekaantumisen vuoksi → keskushermostohaitat, neurologiset oireet, jopa kuolema	Vinkristiin ja muiden vinkri-alkaloidien valmistaminen ja annostelu pienitilavuusisena infuusiona, ei koskaan injektiona
Perifeerisen lihasrelaksantin annostelu potilaalle, joka ei saa hengitystukihoitoa	Perifeeristä lihasrelaksantia erehdytään luulemaan toiseksi lääkkeeksi, mikä seurauksena potilas saa väärää lääkettä → Hengityselinten lamaantuminen, hengityksen pysähtyminen, jopa kuolema	Lihaskiväntien säilyttäminen muista lääkkeistä erillään sinetöidyissä laatikoissa tai kannellisissa lokeroissa älylääkekaapissa; säilytys ainoastaan hoitoyksiköissä, joissa lääkkeitä tarvitaan jatkuvasti
P.o.-lääkkeen annostelu vahingossa i.v.-reittiin	Enteraalisen ravitsemusvalmisteen annostelu vahingossa i.v.-reittiin saman näköisten ruiskujen sekaantumisen seurauksena → vastasyntyneen potilaan kuolema	EnFit-standardin mukaisten i.v.-linjaston kanssa yhteensopimattomien oraali- ja injektio-ruiskujen käyttö, antoreitin merkitseminen oraali-ruiskun etikettiin ("Enteraalinen annostelu")
Poikkeama i.v.-lääkkeen käyttökuntoon saattossa	Esim. väärän vahvuisen infuusion valmistaminen, väärän lääkkeen tai laimentimen käyttö → vakavat lääkityspoikkeamat ja haitat	Kaupallisten valmiiden infuusioiden ja esitäytettyjen injektio-ruiskujen käyttö, viivakoodiavusteinen lääkkeen valmistelu, toisen henkilön itsenäisesti tekemä kaksoistarkistus
Steriilin veden annostelu potilaalle vahingossa infuusiona	Sekaantuminen saman näköisten infuusionestepussien välillä (1 litran pussi steriiliä vettä, 5 % glukoosiliuosta ja fysiologista keittosuolaliuosta) → Vakaviin haittoihin tai jopa kuolemaan johtava hemolyyysi	Steriilin veden 1 litran pussien säilytys ainoastaan sairaala-apteekissa ja pussien selkeä merkitseminen (esim. "inhalaatio-käyttöön")
Vasta-aineen tai reaktio-lääkkeen annostelun viivästyminen hätätilanteessa (esim. liian suuren opioidi-annoksen kumoaminen)	Viive naloksonin annostelussa, kun opioidia on vahingossa annettu potilaalle 10-kertainen annos → Vakava haitta, jopa kuolema	Vasta-aineiden ja reaktiolääkkeiden nopean saatavuuden varmistaminen, vakioidut annosteluprotokollat ja lääkeohjeet, vakioidut määräyspaketit potilastietojärjestelmässä

potilastietojärjestelmään (Vanderveen 2014, ISMP 2020). Ammattilaisen tulee edelleen tarkistaa laiteintegraation kautta siirtyvän tiedon asianmukaisuus, käynnistää infuusio pumpulla ja vahvistaa potilaan saaman nestemäärän kirjaaminen potilastietojärjestelmään. Riskialtiit tiedon kopiointivaiheet (esim. infuusionopeuden manuaalinen ohjelmointi pumppuun, potilaan saaman nestemäärän antokirjaaminen potilastietojärjestelmään) jäävät prosessista pois. Menestyksenkäs älyinfuusiopumppujen käyttöönotto ja ylläpito edellyttää sairaalalta hyvin suunniteltua ja riittävästi resursoitua prosessia lääkekirjaston hallintaan, kehittämiseen, seurantaan ja käytettävyyden arviointiin (ISMP 2020, The Joint Commission 2021).

Tämän väitöskirjatutkimuksen tavoitteena oli selvittää laskimonsisäiseen lääketerapiaan liittyvien lääkityspoikkeamien järjestelmällisyyttä ja lääketerapian turvallisuutta näiden poikkeamien ehkäisemiseksi (Kuva 2). Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tehtiin laaja yhteenveto kirjallisuudessa esiintyvistä laskimonsisäisten lääkityspoikkeamien syistä

(osatyö I) ja lääkityspoikkeamien ehkäisemiseen käytettävissä olevista lääketerapian prosessin suojauskeinoista (osatyö II). Tutkimuksen toisessa vaiheessa (osatyö III) tutkittiin älyinfuusiopumppujen lääkekirjastoon rakennettavien annoksen turvarajojen käyttöönottoa vastasyntyneiden teho-osastolla. Tutkimukseen teoreettisena viitekehysinä käytettiin järjestelmänäkökulmaa ja oikeudenmukaista toimintakulttuuria lääketerapian riskien hallinnassa (Billstein-Leber ym. 2018, Reason 2000).

Aineisto ja menetelmät

Väitöskirjan empiirinen osa koostuu kolmesta alkuperäistutkimuksesta (Kuva 2). Osatyöt I ja II toteutettiin PRISMA-tarkistuslistan (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) mukaisina järjestelmällisinä kirjallisuuskatsauksina (Moher ym. 2015). Kirjallisuushaku toteutettiin Medline (Ovid), Scopus, CINAHL ja EMB reviews -tietokantoihin kesäkuussa 2016. Hakuun sisällytettiin

Lääkitysturvallisuus	Älyinfuusiopumppujen laiteintegraatio potilastietojärjestelmän kanssa <ul style="list-style-type: none"> parhaimmillaan kahdensuuntainen 	
	DERS: Lääkekirjasto, jossa on annosrajat – "älyinfuusiopumppu" <ul style="list-style-type: none"> vakioidut infuusiot annosrajat sähköinen käyttöasteen seuranta 	Suositus annosraja (ns. soft limit): Ehdoton annosraja (ns. hard limit):
	Lääkekirjasto ilman annosrajoja <ul style="list-style-type: none"> lista pumpulla annosteltavien lääkkeiden nimistä (ja vakiopitoisuuksista) 	
	Ei lääkekirjastoa <ul style="list-style-type: none"> vain infuusionopeus (ml/h) näkyy pumpun näytöllä 	

Kuva 1. Älyinfuusiopumppujen lääkitysturvallisuutta edistävät ominaisuudet riippuvat siitä, mitä pumppujen toimintoja sairaala on ottanut käyttöön (mukailen ISMP 2020, The Joint Commission 2021). DERS = dose error reduction software eli infuusiopumppujen annospoikkeamia vähentävä järjestelmä.

Vaihe I. Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus

Lääkityspoikkeamien riskitekijöiden tunnistaminen

Osatyö I. i.v.-lääketerapiaan liittyvien lääkityspoikkeamien järjestelmä-lähtöiset syyt sairaaloissa (2016)

- PRISMA-tarkistuslistan mukaan toteutettu järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus
- Katsaukseen sisällytettyjen tutkimusten (n = 11) laadun arviointi GRADE-järjestelmää käyttäen
- Katsaukseen sisällytettyjen tutkimusten (n = 11) laadullinen sisällönanalyysi

Lääketerapian suojausten tunnistaminen

Osatyö II. i.v.-lääketerapian suojauskeinojen ja niiden kyky estää lääkityspoikkeamia (2016)

- PRISMA-tarkistuslistan mukaan toteutettu järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus
- Katsaukseen sisällytettyjen tutkimusten (n=46) laadun arviointi GRADE-järjestelmää käyttäen
- Katsaukseen sisällytettyjen tutkimusten (n = 46) laadullinen sisällönanalyysi

Vaihe II. i.v.-lääketerapian turvallisuuden parantaminen vastasyntyneiden teho-osastolla

Lääketerapian suojausten käyttöönoton tukeminen tutkimuksella

Osatyö III. Menetelmän kehittäminen infuusiopumppujen lääkekirjastoon asetettavien annosrajoiden määrittämiseen ja niiden soveltuvuuden arviointiin vastasyntyneiden teho-osastolla (2020)

- Monimenetelmä tutkimus, jossa käytettiin sekä laadullisia että määrällisiä menetelmiä
- Lääkityspoikkeama-ilmoitusten laadullinen sisällönanalyysi poikkeamien syntymekanismien tunnistamiseksi
- Annosrajoiden määrittäminen tietyille testilääkkeille
- Simulaatio-tyyppisten testitapausten kehittäminen annosrajoiden soveltuvuuden arviointiin infuusiopumppujen lääkekirjastossa

Kuva 2. Yhteenveto väitöskirjan osatöiden tavoitteista ja tutkimusasetelmista. GRADE = Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations (Guyatt ym. 2008), i.v. = laskimonsisäinen; PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Moher ym. 2015).

tammikuusta 2005 lähtien julkaistut vertais-arvioidut tieteelliset tutkimusartikkelit, jotka oli kirjoitettu englannin kielellä. Kaksi tutkijaa kävi artikkelit läpi itsenäisesti ennalta määritetyn PICO-työkalun (P = patients, I = intervention, C = comparison, O = Outcome) mukaisesti ensin otsikon, sitten abstraktin ja lopuksi koko tekstin perusteella (Moher ym. 2015). Sisään otettujen tutkimusten laatu arvioitiin GRADE-järjestelmällä (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluations) (Guyatt ym. 2008). Artikkeleiden tuloksista muodostettiin synteesi laadullista sisällönanalyysiä käyttäen. Osatyössä I ja II tehty kirjallisuushaku toistettiin väitöskirjaa varten Medline (Ovid) tietokantaan tuoreimman tutkimustiedon tarkastelemiseksi aikavälillä kesäkuu 2016 – lokakuu 2021. Yksi tutkija valitsi täydennyshausta sisään otettavat artikkelit PICO-työkalun mukaisesti ensin otsikon, sitten abstraktin ja lopuksi koko tekstin perusteella.

Osatyö III oli monimenetelmätutkimus, jossa hyödynnettiin sekä laadullisia että määrällisiä tutkimusmenetelmiä (Kuva 2) (Shorten ym. 2017). Aluksi väärään infuusionopeuteen liittyville HUSin vastasyntyneiden teho-osastolla vuosina 2018–2019 raportoiduille lääkityspoikkeamille tehtiin kuvaileva määrällinen analyysi ja laadullinen sisällönanalyysi poikkeamien syntymekanismien tunnistamiseksi. Näiden pohjalta kehitettiin testitapauksia, joiden tarkoituksena oli simuloida mahdollisia infuusionopeuden ohjelmointivirheitä. Tämän jälkeen tietyille testilääkkeille (fentanyl 5 µg/ml ja 10 µg/ml, noradrenaliini 40 µg/ml, dopamiini 1 mg/ml ja 2 mg/ml sekä hepariinihuuhde 0,6 IU/ml) määritettiin ohitettavissa olevat annoksen ylärajat infuusiopumppujen lääkekirjastoon. Rajojen soveltuvuutta vastasyntyneiden teho-osaston käyttöön arviointiin ohjelmoimalla infuusiopumppuja sekä oikein että testitapausten mukaisesti väärin kahdelle kuvitteelliselle vastasyntyneiden teho-osaston potilaalle (1 kg ja 3,5 kg).

Tulokset

Osatyössä I i.v.-lääkehoitoon liittyvien lääkityspoikkeamien järjestelmälähtöisiä syitä käsittelevään järjestelmälliseen kirjallisuus-

katsaukseen sisällytettiin 11 tutkimusta kuudesta eri maasta. Kaikissa katsaukseen sisällytetyissä tutkimuksissa käytettiin observatiivisia menetelmiä, minkä vuoksi niiden laatu arvioitiin matalaksi. Käytetyt tutkimusasetelmät olivat raportoitujen lääkityspoikkeamien retrospektiivinen analyysi (n = 4), observatiivinen analyysi käyttökuntoon saatettujen infuusioiden konsentraatioista (n = 3), haastattelututkimus (n = 2), lääkemääräysten prospektiivinen analyysi (n = 1) ja suora havainnointitutkimus (n = 1). Tutkimuksissa käytetyt mittarit vaihtelivat, mutta laajemmin lääkityshoitoprosessin eri vaiheita tarkastelevissa tutkimuksissa keskityttiin tunnistamaan lääkityspoikkeamien järjestelmälähtöisiä syitä (n = 8), lääkityspoikkeamien ominaisuuksia (n = 6) ja lääkityspoikkeamien syntyyn myötävaikuttavia tekijöitä (n = 3). Kolmessa lääkkeiden käyttökuntoon saattoa käsittelevässä tutkimuksessa mitattiin infuusioliuosten konsentraatioita eri lääkkeen valmistusmenetelmiin liittyvien lääkityspoikkeamariskien tunnistamiseksi.

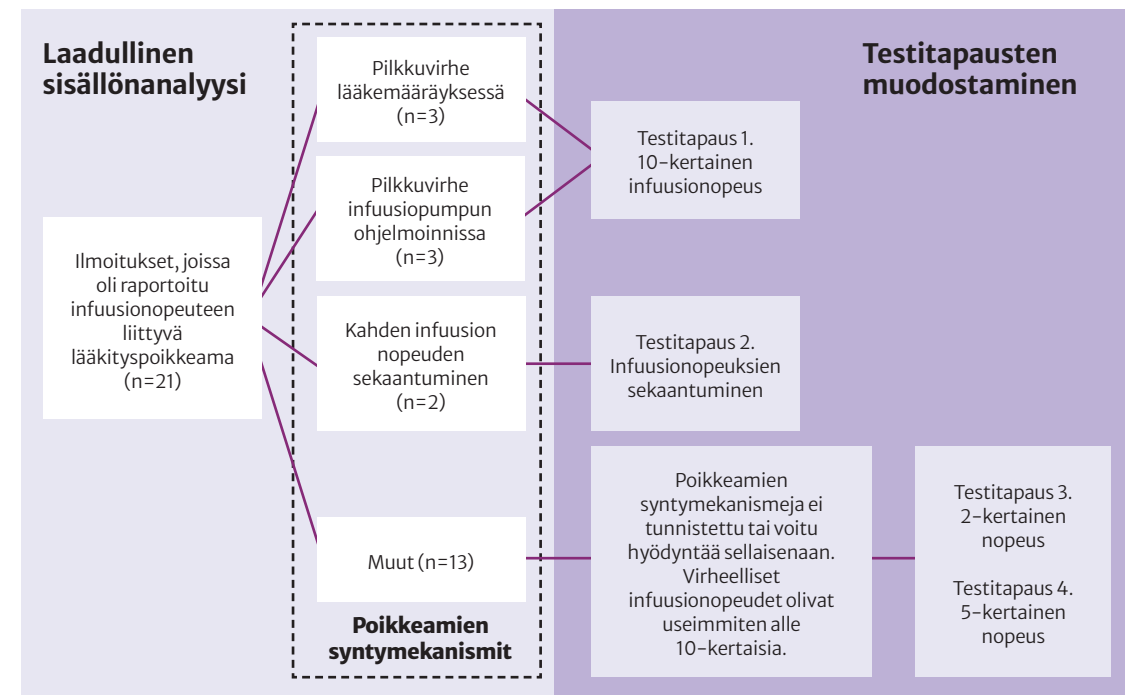
Osatyössä I tunnistettiin lääkityspoikkeamien syntyyn vaikuttavia järjestelmälähtöisiä syitä, jotka liittyivät lääkehoidon määräämiseen (n = 6 tutkimusta), käyttökuntoon saattamiseen (n = 6), antamiseen (n = 6), jakeluun ja varastointiin (n = 5) sekä seurantaan (n = 2). Suurin osa tunnistetuista riskitekijöistä liittyi i.v.-lääkkeiden annosteluun, määräämiseen ja käyttökuntoon saattamiseen. Erityisesti infuusiopumpun manuaalinen ohjelmointi tunnistettiin riskialttiiksi työvaiheeksi, jossa tapahtuvat virheet voivat johtaa väärään annokseen. Sekaantuminen voi tapahtua esimerkiksi tuntien ja minuuttien (esim. 20 min ja 20 h), desimaalien (esim. 0,5 ml/h ja 5,0 ml/h), tilavuuden ja ajan (esim. 24 ml ja 24 min) sekä kahden eri lääkkeen infuusionopeuksien välillä. Yleisimpiä poikkeamien syitä olivat riittämättömät toimenpiteet suuren riskin lääkkeiden turvallisen käytön varmistamisessa, puutteellinen lääkeinformaatio, virheet laskutoimituksissa ja kaksoistarkistuksissa sekä toisiltaan näyttävien ja kuulostavien (Look alike, sound alike, LASA) lääkkeiden sekaantuminen keskenään. Lisäksi havaittiin lääkityshoitoprosessin suojausten puuttumisen tai olemassa olevan suojausten toimimattomuuden edesauttavan lääkityspoikkeamien syntyä (esim. kaksoistar-

kistuksen puuttuminen tai epäonnistuminen lääkkeen määräämisessä, käyttökuntoon saattossa tai annossa).

Osatyössä II i.v.-lääkehoitoprosessin suojauksia tarkastelemaan järjestelmälliseen kirjallisuuskatsaukseen sisällytettiin 46 tutkimusta 11 eri maasta. Suurin osa tutkimuksista oli toteutettu sairaalaympäristössä (n = 34), mutta osa myös simuloituissa sairaalaolosuhteissa (n = 11). Yksi tutkimus oli järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus. Tutkimusasetelmissa esiintyi vaihtelua, ja myös tässä katsauksessa sisään otettujen artikkeleiden näytön aste jäi rajalliseksi, sillä 83 % (n = 38) artikkeleista oli toteutettu observatiivisin menetelmin ja arviointiin laadultaan matalaksi. Kuudessa (13 %) observatiivisin menetelmin toteutetussa tutkimuksessa oli poikkeuksellisen laaja aineisto, joten niiden laatu arvioitiin kohtalaiseksi. Korkealaatuiseksi arvioitiin vain kaksi tutkimusta (4 %), joista toinen oli satunnaistettu kontrolloitu tutkimus ja toinen järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus. i.v.-lääkehoitoprosessin

suojausten vaikutuksia lääkityspoikkeamien ehkäisyyn arvioitiin useimmiten mittaamalla lääkityspoikkeamien määrää (n = 25/46, 54 %).

Osatyössä II tunnistettiin lääkityshoitoprosessin suojauksia, jotka liittyivät lääkkeiden antamiseen (n = 24; 52 %), määräämiseen (n = 8; 18 %), käyttökuntoon saattoon (n = 6; 13 %), hoidon seurantaan (n = 2; 4 %) ja jakeluun (n = 1; 2 %). Viidessä tutkimuksessa (11 %) tarkasteltiin useaan lääkityshoitoprosessin eri vaiheeseen liittyviä suojauksia laajempaa kokonaisuutena. Katkeamattoman lääkityshoitoprosessin piirteitä tunnistettiin 61 % (n = 28) tutkimuksista. Eniten tutkittu yksittäinen suojaus oli älyinfuusiopumput (n = 11; 24 %), mutta näyttö niiden vaikutuksista lääkityspoikkeamien ehkäisyssä jäi ristiriitaiseksi. Älyinfuusiopumppuihin liittyviksi haasteiksi tunnistettiin lääkekirjaston alhainen käyttöaste sekä ohitettavissa oleviin annosrajoihin liittyvä hälytysuupumus. Käytettävyyttä voitaisiin kehittää lisäämällä ehdottomien annosrajojen käyttöä sekä integroimalla älyinfu-



Kuva 3. Testitapausten muodostaminen väärään infuusionopeuteen liittyvien vastasyntyneiden teho-osaston lääkityspoikkeamailmoitusten (n = 21) perusteella osatyössä III (Kärkkäinen 2021).

siopumput muihin i.v.-lääkehoitoprosessin suojauksiin, kuten potilastietojärjestelmään, viivakoodiavusteiseen lääkkeen antoon ja reaaliaikaiseen kliiniseen seurantatietoon. Sähköisen lääkkeen määräämisen ja päätöksenteon tukijärjestelmien havaittiin lisäävän lääkitysturvallisuutta lääkkeen määräämisen lisäksi myös lääkkeiden toimittamisessa, annostelussa ja lääkehoidon seurannassa parantamalla lääkemääräysten ymmärrettävyyttä ja vähentämällä laskemista edellyttäviä työvaiheita.

Väitöskirjaa varten toistetussa kirjallisuuskatsausten (osatyöt I ja II) haussa löydettiin 63 artikkelia, joista 16 käsitteli i.v.-lääkityspoikkeamien järjestelmälähtöisiä syitä ja 47 lääkehoitoprosessin suojauksia. Useimmat tutkimukset (n = 24, 38 %) oli tehty Yhdysvalloissa tai Kanadassa. Suurin osa keskittyi i.v.-lääkkeiden annosteluun (n = 21/63, 33 %) ja käyttökuntoon saattoon (n = 19/63, 30 %). Osatyöhön I verrattuna yhä useammassa tutkimuksessa (n = 5/16, 31 %) käytettiin proaktiivisen riskienhallinnan keinoja lääkitysturvallisuusriskien tunnistamisessa. Lääkehoitoprosessin suojauksia käsitelleistä artikkeleista suurimmassa osassa tutkittiin teknologisia suojauksia, joista eniten käytetyt olivat älyinfuusiopumput ja lääkkeiden käyttökuntoon saattoa tukevat järjestelmät (n = 7/47, 15 %).

Osatyössä III analysoiduista vastasyntyneiden teho-osaston lääkityspoikkeamista ja läheltä piti-tilanteista 3,5 % (n = 21/601) liittyi vääriin infuusionopeuteen. Lääkityspoikkeama ilmoituksista tunnistettujen poikkeamien syntymekanismien perusteella testitapauksiksi määritettiin 2-, 5- ja 10-kertaiset infuusionopeudet sekä eri lääkkeiden antonopeuksien sekaantuminen keskenään (Kuva 3). Testitapauksissa (n = 226) infuusiopumput eivät hälyttäneet tavanomaisia nopeuksia ohjelmoitaessa (n = 32), mutta virheellisistä 2-, 5- ja 10-kertaisista infuusionopeuksista 73 % (n = 70/96) aiheutti hälytyksen. Nopeuksien sekaantuminen keskenään laukaisi hälytyksen kuitenkin vain 24 %:ssa (n = 24/98) testitapauksista.

Pohdinta

Sairaaloiden nykyiset i.v.-lääkehoitoprosessit ovat haavoittuvaisia, ja niitä tulisi vahvistaa systemaattisesti järjestelmälähtöisillä prosessisuojauksilla. Osatyön I perusteella erityistä huomiota tulee kiinnittää suuren riskin lääkkeiden turvalliseen käyttöön ja lääkeinformaatioon, mitä voidaan tukea ottamalla käyttöön mahdollisimman tehokkaita suojauksia lääkehoitoprosessin eri vaiheisiin, vakiomalla suuren riskin lääkkeiden käyttötavat moniammatillisesti ja tunnistamalla riskejä sekä ennakoivan että reaktiivisen riskienhallinnan keinon (Reason 2000, Dückers ym. 2009, Billstein-Leber ym. 2018, ISMP 2018). Manuaalisia laskutoimituksia edellyttäviä työvaiheita voidaan vähentää ja korvata i.v.-lääkkeiden vakiopitoisuuksien, annos-vastaavus-taulukoiden ja päätöksenteon tuen käyttöönotolla (Billstein-Leber ym. 2018, ASHP 2020, ISMP 2020). Infuusiopumppujen manuaalinen ohjelmointi tunnistettiin erityisen riskialttiiksi työvaiheeksi, jonka turvallisuutta voidaan parantaa älyinfuusiopumppujen avulla (Billstein-Leber ym. 2018, ISMP 2020, The Joint Commission 2021).

Sairaaloissa manuaalisia kaksoistarkistuksia käytetään laajasti lääkkeiden valmistelua ja antoa turvaavana suojauksena. Osatyössä I havaittiin kaksoistarkistusten kuitenkin jäävän usein puutteelliseksi ja huonolaatuisiksi, mikä edesauttaa virheiden etenemistä lääkehoitoprosessin seuraaviin vaiheisiin. Vastaava havainto on tehty myös Koyaman ja kumppaneiden (2020) järjestelmällisessä kirjallisuuskatsauksessa, jossa kaksoistarkistuksen ei havaittu vähentävän lääkityspoikkeamia eikä lääkehaittoja. Vaikka kaksoistarkistusten käyttöaste olisikin korkea, niiden laatua alentaa tarkistuksen vain osittainen toteutumisasi ja se, ettei tarkistusta monesti suoriteta täysin itsenäisesti (Westbrook ym. 2021). Heikon vaikuttavuuden vuoksi manuaalisia kaksoistarkistuksia tuleekin käyttää harkiten ja panostaa muiden lääkkeen turvallista valmistelua ja antoa tukevien suojausten käyttöönottoon (esim. viivakoodiavusteinen lääkkeen valmistelu ja anto, esitäytetyt i.v.-lääkeruiskut ja käyttövalmiit i.v.-infuusiot) (Billstein-Leber ym. 2018, ASHP 2020, ISMP 2022). Sen

sijaan kaksoistarkistuksista voi olla hyötyä lääkemääräysten asianmukaisuuden varmistamisessa päätöksenteon tukijärjestelmään yhdistettynä, jotta lääkkeen määräämisessä tapahtuneet poikkeamat saataisiin kiinni mahdollisimman aikaisessa vaiheessa (Billstein-Leber ym. 2018, JCI 2020). Lisäksi tulee ottaa käyttöön LASA-lääkkeiden sekaantumista ehkäiseviä suojauksia lääkehoitoprosessin eri vaiheisiin (esim. tikkukirjainten käyttö, turvallinen säilytys, varoitusetiketit sekä viivakoodiavusteinen lääkkeen valmistelu ja anto) (Billstein-Leber ym. 2018, ISMP 2019, JCI 2020).

Osatyön II ja toisen aikaisemman järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen (Ohashi ym. 2014) mukaan älyinfuusiopumput vähentävät, mutta eivät täysin estä infuusiopumpun ohjelmointiin liittyviä lääkityspoikkeamia. Suojaustehon parantaminen edellyttää järjestelmän jatkuvaa ja huolellista seuranta, parempaa ohitettavissa olevien annosrajojen optimointia hälytysuupumuksen vähentämiseksi sekä ehdottomien annosrajojen lisääntymistä käyttöön ottoa (Ohashi ym. 2014, ISMP 2020, The Joint Commission 2021). Älyinfuusiopumput tulee sisällyttää osaksi sairaaloiden katkeamatonta lääkehoitoprosessia integroimalla laitteet potilastietojärjestelmään (Vanderveen 2014, Ikäheimo ym. 2020, ISMP 2020). Lisäksi tulee kiinnittää huomiota valmiiksi viivakoodattujen esitäytettyjen i.v.-lääkkeiden saatavuuden parantamiseen ja i.v.-lääkkeiden käyttökuntoon saaton keskittämiseen sairaala-apteekkeihin, sillä näiden toimenpiteiden on havaittu vähentävän lääkityspoikkeamia osasto-olosuhteissa ja erityisesti hoitoalueilla tapahtuvaan lääkkeiden käyttökuntoon saattoon verrattuna (Hedlund ym. 2017, Billstein-Leber ym. 2018, ASHP 2020). Erityisesti suuren riskin lääkkeiden kohdalla on tärkeää ottaa käyttöön useita rinnakkaisia suojauksia lääkehoitoprosessin eri vaiheisiin (Billstein-Leber ym. 2018, ISMP 2018).

Vaikka osatöissä I ja II käytetty kirjallisuushaku toistettiin vain yhteen tietokantaan, löydettiin lyhyemmässä ajassa vastaava määrä julkaisuja kuin alkuperäisissä kirjallisuuskatsauksissa. Tämä kertoo siitä, että i.v.-lääkehoitoprosessin turvallisuuteen liittyvä tutkimus on lisääntynyt viime vuosina. Täydennyshaun löydöksissä korostui uusien teknologioiden

käyttöönottoon liittyvien riskien hallinta erityisesti ennakoivan riskien hallinnan keinoin järjestelmälähtöisen lääkitys- ja potilasturvallisuustyön periaatteiden mukaisesti (Reason 2000, Dückers ym. 2009, Billstein-Leber ym. 2018). Tämä on linjassa kansainvälisen kirjallisuuden kanssa, sillä lääkitysturvallisuuden asiantuntijaorganisaatiot ovat julkaisseet viime vuosina useita suosituksia teknologian onnistuneesta käyttöönotosta (esim. ISMP 2020, The Joint Commission 2021, ISMP 2022). Suojauksiin liittyvissä tutkimuksissa oli havaittavissa näiden suositusten tavoin älyinfuusiopumppuihin liittyvän tutkimuksen laajentuminen käsittelemään infuusiopumppujen ja potilastietojärjestelmän välistä laiteintegraatiota sekä lisääntynyt kiinnostus teknologia-avusteiseen i.v.-lääkkeiden käyttökuntoon saattoon ja lääkevalmistusroboteihin.

Osatyössä III lääkityspoikkeama-raporttien pohjalta kehitetyt testitapaukset olivat linjassa kansainvälisessä kirjallisuudessa tunnistettujen tyypillisimpien infuusiopumppujen ohjelmointivirheiden kanssa (osatyö I). Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu älyinfuusiopumppujen hälytysten aktivoituvan herkemmin tiettyjä potilasryhmien ja lääkkeiden kohdalla (Melton ym. 2019), joten vastaavia testitapauksia voitaisiin hyödyntää hälytysuupumuksen ennaltaehkäisyssä näiden tilanteiden osalta. Tulokset konkretisoivat hyvin myös sen, ettei annoksen turvarajoilla pystytä saamaan kiinni kaikkia infuusiopumppujen ohjelmointivirheitä (esim. maksimiannosta huomattavasti pienempään nopeuteen liittyvä virhe), jotka olisivat estettävissä tehokkaammin infuusiopumppujen ja potilastietojärjestelmän välisen laiteintegraation avulla (Vanderveen 2014, ISMP 2020, The Joint Commission 2021). Osatyön III tulosten kautta saatiin varmuutta annoksen turvarajojen käyttöönottoon HUSin vastasyntyneiden teho-osastolla.

Osatöissä I ja II kirjallisuuskatsauksiin sisällytetyt artikkelit oli toteutettu pääasiassa observatiivisin menetelmin, minkä vuoksi useimpien tutkimusten näytön aste arvioitiin matalaksi (Guyatt ym. 2008). Järjestelmällisten kirjallisuuskatsausten menetelmällistä laatua olisi voitu parantaa rekisteröimällä tutkimusprotokolla esimerkiksi PROSPERO-tietokantaan ennen tutkimuksen aloittamista ja

varmistamalla sisään otettujen artikkeleiden riittävän korkea laatu ennen analyysivaihetta esimerkiksi JBI:n (Joanna Briggs Institute) kriteeristöä käyttäen. Osatyössä III kehitettyjen testitapausten luotettavuutta ja soveltuvuutta olisi voitu parantaa hyödyntämällä lääkityspoikkeama-raporttien rinnalla prospektiivisillä menetelmillä kerättyä täydentävää aineiston (esim. ryhmäkeskustelumenetelmä). Jatkossa on tärkeää tutkia ohitettavissa olevien annosrajojen lisäksi myös lääkityspoikkeamien ehkäisyssä tehokkaampien ehdottomien annosrajojen soveltuvuutta infuusiolaitteiden eri käyttäjäryhmille (Ohashi ym. 2014, ISMP 2020, The Joint Commission 2021).

Johtopäätökset

Sairaaloiden laskimonsisäinen lääkehoitoprosessi kehittyi kohti katkeamatonta lääkehoitoprosessia, mutta se on edelleen altis lääkityspoikkeamille. Kiinnostus laskimonsisäisen lääkehoitoprosessin järjestelmälähtöiseen riskien hallintaan erityisesti uusien teknologisten prosessisuojausten avulla on ollut kasvussa viime vuosina. Järjestelmällisiin kirjallisuuskatsauksiin (osatyöt I ja II) sisällytettyjen tutkimusten laatu oli pääosin heikko, joten lääkityspoikkeamien riskitekijöitä ja suojauksia tulee tutkia yhä laadukkaammassa tutkimusasetelmissa. Uusien teknologioiden käyttöön otossa tulee huomioida lääkehoitoprosessin muuttumisen seurauksena aiheutuvat uudenlaiset lääkitysturvallisuusriskit, mikä korostaa ennakoivan riskienhallinnan ja jatkuvan lääkitysturvallisuuden seurannan merkitystä osana sairaaloiden toimintaa.

Summary

Medication safety in intravenous drug administration: Error causes and systemic defenses in hospital setting

Sini Kuitunen

PhD (Pharm), Clinic Senior Pharmacist (Children and Adolescents)
HUS Pharmacy, HUS Helsinki University Hospital
Visiting researcher
University of Helsinki
sini.kuitunen@hus.fi

Sini Kuitunen's doctoral thesis *Medication safety in intravenous drug administration: Error causes and systemic defenses in hospital setting* was publicly examined at the University of Helsinki, Faculty of Pharmacy on 7th of October 2022. Professor Anne Gerd Granås (University of Oslo, Department of Pharmacy), acted as the opponent, and Professor Marja Airaksinen (University of Helsinki, Faculty of Pharmacy) as the custos. The doctoral thesis can be found in the Helsinki University Digital Repository Helda: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-8563-1>

Introduction

Intravenous medications are associated with serious adverse events in hospitals. Many intravenously administered medications are high-alert drugs, bearing a risk of causing significant patient harm if used in error.

Materials and methods

A systematic review adhering to PRISMA checklist was conducted to investigate systemic causes of intravenous medication errors (Study I) and systemic defenses to prevent these errors (Study II). In the second phase, medication error reports were used in a mixed-methods study to develop simulation-type test cases to assess the suitability of dosing limits in a neonatal intensive care unit's smart pump drug library (Study III). A systems approach to medication risk management was applied as a theoretical framework.

Results

In Study I (n = 11 studies), systemic causes related to prescribing (n = 6), preparation (n = 6), administration (n = 6), dispensing and storage (n = 5) and treatment monitoring (n = 2) were identified. Insufficient actions to

secure safe use of high-alert medications, lack of drug information, calculation errors, failures in double-checking, and confusion between look-alike, sound-alike medications were the leading causes of errors. In Study II (n = 46 studies), systemic defenses related to administration (n = 24), prescribing (n = 8), preparation (n = 6), treatment monitoring (n = 2), dispensing (n = 1), and multiple stages of the medication use process (n = 5) were identified. Defenses including features of closed-loop medication management appeared in 61% of the studies, smart pumps being the defense most widely studied (24%). In study III, 3.5% (n = 21/601) of medication errors were related to wrong infusion rate. When conducting the test cases, 73% (n = 70/96) of the erroneous 2-, 5-, and 10-fold infusion rates caused an alert. Mix-ups between infusion rates triggered an alert only in 24% (n = 24/98) of the test cases.

Conclusion

Although hospitals are implementing closed-loop medication management systems, intravenous medication use processes remain vulnerable. Introducing new technology leads to different errors, emphasizing the importance of continuous proactive risk management.

Keywords: intravenous infusion, intravenous injection, hospital, medication error, medication safety, risk management, smart infusion pump, systemic defense

Sidonnaisuudet

Ei sidonnaisuuksia.

Kiitokset

Lämpimät kiitokset väitöskirjani ohjaajille professori Marja Airaksiselle ja apulaisprofessori Anna-Riia Holmströmille sekä osatöihin osallistuneille kollegoilleni Krista Kärkkäiselle, Carita Linden-Lahdelle, Ilona Niittyselle ja Lotta Schepelille. Lisäksi haluan kiittää väitöskirjatyöni rahoittajaa Yliopiston Apteekkia.

Kirjallisuus

American Society for health System Pharmacists (ASHP). Adult continuous infusion standards. Standardize 4 Safety, 2020 (viitattu 28.2.2022).
www.ashp.org/pharmacy-practice/standardize-4-safetyinitiative?loginreturnUrl=SSOCheckOnly

Billstein-Leber M, Carrillo CJD, Cassano AT, Moline K, Robertson JJ: ASHP guidelines on preventing medication errors in hospitals. American Journal of Health-System Pharmacy 75: 1493–1517, 2018

Council of Europe. Creation of a better medication safety culture in Europe: Building up safe medication practices. Expert Group on Safe Medication Practices, 2007 (viitattu 28.2.2022).
http://optimiz-sih-circmed.fr/Documents/Council_of_Europe_Medication_Safety_Report_19-03-2007.pdf

Dückers M, Faber M, Cruisberg J, Groel R, Schoonhoven L, Wensing M: Safety and risk management interventions in hospitals: A systematic review of the literature. Medical Care Research and Review 66: 90S–119S, 2009

Grissinger M: Oral Syringes: Making Better Use of a Crucial and Economical Risk-Reduction Strategy. P&T 38: 5–6, 2013

Guyatt GH, Oxman AD, Kunz R, Vist GE, Falck-Ytter Y, Schünemann HJ: GRADE: What is “Quality of evidence” and why is it important to clinicians? BMJ 336: 995–998, 2008

Hedlund N, Beer I, Hoppe-Tichy T, Trbovich P: Systematic evidence review of rates and burden of harm of intravenous admixture drug preparation errors in healthcare settings. BMJ open 7(12):e015912, 2017

Hodkinson A, Tyler N, Ashcroft DM ym.: Preventable medication harm across health care settings: a systematic review and meta-analysis. BMC Medicine 18: 1–13, 2020

Ikäheimo R, Uusitalo M, Kallio M, Vuokko R, Palojoki S: Closed-loop medication management. Working group memorandum on practices used in hospitals. Reports and Memorandums of the Ministry of Social Affairs and Health (Abstract in English) Helsinki, 2020 (viitattu 28.2.2022).
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5433-5>

Institute for Safe Medication Practices (ISMP). Selecting the best error-prevention “tools” for the job. ISMP Medication Safety Alert! 5: 1–4, 2006

Institute for Safe Medication Practices (ISMP). ISMP list of High-Alert Medications in Acute Care Settings, 2018 (viitattu 28.2.2022).
www.ismp.org/tools/highalertmedications.pdf

Institute for Safe Medication Practices (ISMP). ISMP’s List of Confused Drug Names, 2019 (viitattu 28.2.2022).
www.ismp.org/recommendations/confused-drugnames-list

Institute for Safe Medication Practices (ISMP). ISMP Guidelines for Optimizing Safe Implementation and Use of Smart Infusion Pumps. ISMP Guidelines. Horsham, PA, 2020 (viitattu 28.2.2022).
www.ismp.org/guidelines/safeimplementation-and-use-smart-pumps

Institute for Safe Medication Practices (ISMP). ISMP Guidelines for Sterile Compounding and the Safe Use of Sterile Compounding Technology, ISMP, 2022a (viitattu 3.4.2023).
www.ismp.org/resources/guidelines-sterile-compounding-and-safe-use-sterile-compounding-technology

Institute for Safe Medication Practices (ISMP 2022). ISMP Targeted Medication Safety Best Practices for Hospitals 2022–2023, 2022b (viitattu 28.2.2022)
www.ismp.org/guidelines/best-practices-hospitals

Joint Commission International (JCI). Joint Commission International Accreditation Standards for Hospitals. 7th ed. Oak Brook, Illinois: Joint Commission Resources, 2020

The Joint Commission. Optimizing smart infusion pump safety with DERS. Sentinel Event Alert, 2021 (viitattu 28.2.2022).
www.jointcommission.org/-/media/tjc/documents/resources/patient-safety-topics/sentinel-event/sea-63-smart-infusion-pumps-w-ders-final.pdf

Koyama AK, Maddox CSS, Li L, Bucknall T, Bucknall T, Westbrook JI: Effectiveness of double checking to reduce medication administration errors: A systematic review. BMJ Quality and Safety 29: 595–603, 2020

Kärkkäinen K: Älyinfuusiopumput lääkehoidon riskienhallinnan välineenä – annosten turvarajojen pilotointi HUSin vastasyntyneiden teho-osastolla. Pro gradu – tutkielma. Helsingin yliopisto, Farmasian tiedekunta, Farmakologian ja lääkehoidon osasto, Kliinisen farmasian ryhmä, 2021

Melton KR, Timmons K, Walsh KE, Meinen-Derr JK, Kirkendall E: Smart pumps improve medication safety but increase alert burden in neonatal care. BMC Medical Informatics and Decision Making 19: 1–11, 2019

Moher D, Shamseer L, Clarke M ym.: Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols (PRISMA-P) 2015 statement. Syst Rev 4: 1–9, 2015

Ohashi K, Dalleur O, Dykes PC, Bates DW: Benefits and Risks of Using Smart Pumps to Reduce Medication Error Rates: A Systematic Review. Drug Safety 37: 1011–1020, 2014

Panagioti M, Khan K, Keers RN ym.; Prevalence, severity, and nature of preventable patient harm across medical care settings: Systematic review and meta-analysis. BMJ 366: 1–11, 2019

Reason J: Human error: models and management. BMJ 320: 768–770, 2000

Shorten A, Smith J: Mixed methods research: Expanding the evidence base. Evidence-Based Nursing 20: 74–75, 2017

Vanderveen T: From smart pumps to intelligent infusion systems—The promise of interoperability. Patient Safety and Quality Healthcare, 2014 (viitattu 28.2.2022).

<http://psqh.com/may-june-2014/from-smartpumps-to-intelligent-infusionsystems-the-promise-of-interoperability>

Westbrook JI, Li L, Raban MZ ym.: Associations between double-checking and medication administration errors: A direct observational study of paediatric inpatients. BMJ Quality and Safety 30: 320–330, 2021

World Health Organization (WHO). Medication Without Harm - Global Patient Safety Challenge on Medication Safety. World Health Organization. 16, 2017 (viitattu 28.2.2022)

<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/255263/1/WHO-HISSDS-2017.6-eng.pdf?ua=1&ua=1>

Kuitunen S: Lääkitysturvallisuus laskimonsisäisessä lääkehoidossa: lääkityspoikkeamien syyt ja järjestelmällähtöiset suojaukset niiden ehkäisemiseksi sairaaloissa. Dosis 39: 238–252, 2023

Pysy ajan tasalla suomalaisesta lääkealan tutkimuksesta

Tilaa Dosiksen uutiskirje

Dosiksen uutiskirje ilmestyy lehden ilmestymisen aikoihin, ja siinä esitellään lyhyesti kunkin numeron artikkeleja ja tulevia webinaareja. Uutiskirje siis muistuttaa sinua lehden ilmestymisestä ja pääset kirjeen kautta kätevästi näkemään mielenkiintoisia nostoja lehden sisällöstä.

Jos haluat ajankohtaista tietoa suomalaisesta lääkealan tutkimusta suoraan sähköpostiisi, liity Dosiksen uutiskirjeen tilauslistalle. Listalta voi poistua koska vaan, eikä tietoja käytetä muihin tarkoituksiin tai luovuteta kolmansille osapuolille. Uutiskirjeen tilauslistalle lähetetään ainoastaan Dosista koskevia viestejä.

Dosis on ainoa suomenkielinen vertaisarvioitu lääkealan tieteellinen julkaisu. Lehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa, ja se on vapaasti luettavissa osoitteessa www.dosis.fi.

Tilaa uutiskirje tästä!



bit.ly/Dosis_uutiskirje