



Tiina Pitkänen
Leikkaussairaanhoitaja
HYKS, Jorvin sairaala
tiina.pitkanen@hus.fi



Taina Rastas
Bioanalyytikko
Seinäjoen keskussairaala
taina.rastas@epshp.fi



Paula Tamminen
Bioanalyytikko
Fimlab laboratoriot Oy
paula.h.tamminen@tuni.fi

Droonit terveydenhuollon apuna maailmalla

Droonit ovat suuren mielenkiinnon kohteena ympäri maailmaa. Miten terveydenhuolto hyödyntää drooneja nyt ja tulevaisuudessa?

Droonit pystyvät lentämään kaikkina viikompäivinä, kaikkina vuorokauden aikoina ja tekemään tarvittaessa 500 lentoa vuorokaudessa. Droonit saavat avun perille, vaikka tiet olisivat sortuneet maanjäristyksen ja pyörremyrskyn vuoksi. Droonit lentävät alueille, joissa infrastruktuuri ei ole vakaa, tiet ovat huonossa kunnossa ja ihmisiin on vaikea saada yhteys. (1)

Droonit tautien ennaltaehkäisyssä

Maailman terveysjärjestö WHO:n mukaan hyttysten levittämiin tauteihin, kuten malariaan, denguekuumeeseen ja zikavirukseen menehtyy maailmassa vuosittain lähes 700 000 ihmistä (2). Niille alueille, joilla oli paljon hyttysiä, vapautettiin droonien avulla lisääntymiskyvyttömiä urospuolisia hyttysiä. Nämä hyttysset yrittivät lisääntyä naaraspuolisten hyttysten kanssa, siinä

epäonnistuen. Hyttysten määrä pieneni joillain alueilla jopa 90 % alkuperäisestä määrästä. (3,4)

Droonit lääkkeiden kuljetuksessa

Norjassa Oslon yliopistollisessa sairaalassa aloitettiin vuonna 2016 kolmivuotinen projekti, jossa selvitetään droonien käyttöä norjalaisten sairaaloiden välisiin kuljetuksiin. Elokuussa 2018 Teknisk Ukeblad -lehdessä julkaistussa artikkelissa kerrottiin, että yksi sovelluskohde kuljetuksissa tulee olemaan radioaktiiviset lääkkeet, joilla on lyhyt 30 minuutin puoliintumisaika. Hyöty saavutetaan siinä, että droonien avulla kuljetusaikaa saadaan lyhennettyä ja lääkettä tarvitaan vähemmän. Esimerkkinä tästä radioaktiivinen lääke, jota puoliintumisaika huomioon ottaen pitää lähettää toiseen sairaalaan 16 yksikköä. Droonin avulla matkaan käytetty aika lääkkeen valmistuspaikan ja käyttöpaikan välillä voidaan vähentää neljäsosaan nykyisestä, joten droonilla



Kuva 1. Sveitsin postin verinäytteiden kuljettamiseen tarkoitettu drooni. Kuva Swiss Post.

lähetettäessä radioaktiivista lääkettä tarvitsee lähettää vain neljä yksikköä. Kahden vuoden jälkeen projektissa on edetty koelentovaiheeseen. Projektissa on mukana myös Norjan puolustusvoimat, tutkimusorganisaatio Sintef, Norjan meteorologinen instituutti sekä Airbus. (5)

Syyskuussa 2017 hurrikaani aiheutti tuhoa Puerto Ricon saarella Karibianmerellä johtaen jopa yli 4 500 ihmisen kuolemaan. Arviolta kolmasosa heistä menehtyi hurrikaanin jälkeen, koska he eivät saaneet lääketieteellistä hoitoa ajoissa. Hurrikaanin tuhoamalle alueelle saatiin sähkötkä takaisin vuotta myöhemmin elokuussa 2018. Samana syksynä onnettomuusalueella testattiin kylmäsäilytystä vaativien, herkästi pilaantuvien lääkkeiden kuljetusta. Droonien odotetaan tulevaisuudessa tuovan apua ja pelas-

tavan ihmishenkiä sellaisilla tuhoalueilla, jonne pääsy on estynyt ja joissa tarvitaan kiireellistä sairaanhoitoa. (6)

Droonit voivat lentää lähes milloin ja minne vain.

Lukuisat perulaiset asuvat kylissä Amazonin sademetsän laajalla alueella. Kulku autolla näihin kyliin voi olla hidasta tai jopa mahdotonta. Lääkkeiden saanti kyliin on haastavaa ja saattaa kestää veneellä kuljetettuna kuusikin tuntia. Paikalliset lääkärin ilmoittavat kuukausittain noin 45 käärmeenpuremasta, joihin vasta-aineiden saaminen

kestää liian kauan. Drooneilla vasta-aineiden ja verivalmisteiden vieminen kyliin kestää noin 35 minuuttia. (7)

Nepalissa on alle yksi lääkäri 10 000 asukasta kohti. Kun vuoristoisella maaseudulla asuva nepalilainen sairastuu, hänen täytyy kävellä lähimmän lääkärin luo tai jonkun täytyy kantaa hänet.

>>

Tästä syystä monet jäävät ilman lääketieteellistä hoitoa. Dronit ovat tulleet avuksi maaseudulla asuville ja kuljettavat yhden kilogramman painosta lääkkeitä, hoitotarvikkeita ja verinäytteitä noin kahden kilometrin päähän Himalajan rinneille. (8)

Dronit verituotteiden kuljetuksessa

Ruanda on Afrikan tiheimmin asuttuja maita. Heikon infrastruktuurin maassa on 478 terveysasemaa, joihin johtaavat päällystämättömät, vaarallisen jyrkät ja kiemurtelevat tiet. Ruandan terveysministeriö otti ensimmäisenä maailmassa käyttöönsä dronit terveydenhuollon kuljetuksissa. Dronit lentävät 110 km/h, 75 kilometrin säteellä, suoraa linjaa GPS-koordinaattien avulla ja saavuttavat näin kahdeksan miljoonaa ruandalaista. Tilatut verivalmisteet, malaria- ja vesikauhurokotteet sekä HIV-lääkkeet pystytään lentättämään dronien avulla sairaalan ovelle minuuteissa. (1)

Sairaalan henkilökunta saa viestin dronin lähestyessä sairaalaa, ja näin estetään paketin joutuminen väärin käsiin. Tiputettuaan tuotteet sairaalaan droni kääntyy ilmassa ja lentää takaisin tukikohtaan. Mikäli dronin moottori sammuu, se pystyy silti lentämään takaisin tukikohtaan, ja jos tietokone hajoaa, ohjaus siirtyy toiselle tietokoneelle. Systemeitä pidetään hyvin turvallisena. Ennen dronien tuloa terveydenhuollon henkilökunta ajoi autolla kolmesti viikossa 60 kilometrin matkaa nelisen tuntia. Vuonna 2018 Zipline-yhtiöllä on tarkoitus rakentaa vastaavanlainen droniverkko myös Tansaniaan. (1)

Dronit näytteiden kuljetuksessa

Sveitsissä Luganossa Swiss Post on käyttänyt alkuvuodesta 2017 asti dronia verinäytteiden kuljettamiseen kahden sairaalan välillä (kuva 1). Kesään 2018 mennessä reitillä oli lennetty jo

yli 1 000 lentoa, ja dronikuljetukset ovat siellä päivittäisessä käytössä. Swiss Post on testannut näytteiden kuljetusreittejä myös Bernissä ja Zürichissä, mutta näiden reittien kannattavuudesta ei ole vielä tehty päätöksiä. Zürichissä kuljetusreitti oikaisisi Zürich-järven yli ja näin ollen olisi noin viisi kertaa nopeampi kuin perinteinen kuljetusreitti. (9) Käytetty droni pystyy kuljettamaan kerrallaan kaksi kilogrammaa tai neljä litraa näytteitä ja sen toimintasäde on 20 kilometriä (10).

Ruandassa dronit
lennättävät tilatut
verivalmisteet
sairaalaan minuuteissa.

Koska laboratorionäytteitä säilytetään erilaisissa lämpötiloissa, tulee dronien kuljetuslaatikoiden lämpötilaa voida säädellä. Osa näytteistä pitää esikäsitellä ennen lähettämistä, osa kuljetetaan kokoverenä, osa säilyy pakastettuna. Mikrobiologian ja patologian näytteet

ovat ainutkertaisia, ja siksi ne täytyy pakata hyvin ja kuljetuksen pitää toimia varmasti. Lisäksi näytteiden tulee aina sisältää potilaan tunnistetiedot, joten tähän täytyy kiinnittää erityisesti huomiota. Biologisten näytteiden kuljetus vaatii validoinnin ennen kuin uusia kuljetusmuotoja ja käytäntöjä voidaan ottaa käyttöön. (11)

Dronit elinten kuljetuksessa

Arviolta puoli miljoonaa intialaista tarvitsisi vuosittain elinsiirrettä. Heistä noin viisi prosenttia saa siirteen. Yhdeksi haasteeksi on noussut siirrettävän elimen saanti muutamien tuntien sisällä toiseen sairaalaan Intian ruuhkaisessa liikenteessä. Luovutettujen elinten sairaalasiirtoihin on suunniteltu hiilikuidusta rakennettu droni. Se on kestävä ja kevyt ja voi lentättää jopa kolme kilogrammaa painavan elimen. Droniin ei mahdu mukaan elinten säilytykseen tarvittavia jäitä, joten dronin sisällä on erillinen jäädytysjärjestelmä. Droni on lisäksi varustettu kameralla, jotta se pystyy laskeutumaan turvallisesti. (12)

Maryland Medical Centerissä Yhdysvalloissa tutkittiin dronien käyttöä siirrettävien elinten kuljetuksessa. Heidän tutkimuksissaan mu-



Kuva 2. Drooni voi tuoda defibrillaattorin sydänpysähdyspotilaalle. Kuva EPA/All Over Press.

nuainen säilytti tarvittavan $+2,5$ °C lämpötilan. Ilmanpaine, korkeus ja 68 kilometrin tuntivauhti eivät vaikuttaneet munuaiskudokseen. Tutkimus osoitti, että droonilla kuljetettu munuainen altistui vähemmälle määrälle värähtelyä kuin lentokoneessa. Tutkimus vahvisti, että elinsiirteitä voidaan kuljettaa droonien avulla. (13)

Droonit ensihoidon apuna

Karolinska Institutet ja Södersjukhuset Tukholmassa ovat tutkineet tilannetta, jossa defibrillaattorilla varustettu drooni on hälytystilanteessa saapunut sydänpysähdyspotilaan luo 1,5–19 minuuttia ennen ambulanssin saapumista. Aika riippui siitä, miten kaukana keskustasta potilas oli. Tutkimuksessa mukana ollut Andreas Claesson toteaaakin, että

droonien pystyessä kuljettamaan defibrillaattorin sydänpysähdysten saaneen potilaan luo alle viidessä minuutissa paranee potilaan selviytyminen jopa 70 %:lla (kuva 2). (14)

Droonit voivat viedä defibrillaattorin elottoman potilaan luokse.

Kanadassa sydänpysähdysten saa vuosittain noin 40 000 ihmistä. Sairaalan ulkopuolella sydänpysähdysten saaneista selviää noin 10 %. Kanadalaisissa kaupungeissa ensihoidon saapuminen paikalle kestää viidestä kymmeneen minuuttia, mutta maaseudulla usein yli 20 minuuttia. University of Torontossa tehtiin suunnitelma

defibrillaattoridroonien sijainneista Toronton alueella. Suunnitelmassa sadalle droonille oli 81 tukikohtaa. Tämän suunnitelman avulla defibrillaattori saapuisi maaseudulle aiemman 19 minuutin sijaan yhdeksässä minuutissa, ja kaupungissa aiemman 10 minuutin sijaan neljässä minuutissa.

>>

Vuonna 2016 Kanadan liikenneasetus vaati, että miehittämättömät lennokit tuli lennättää näkökontrollissa. Defibrillaattoreiden kuljettaminen drooneilla vaatii onnistuakseen muutoksen tähän asetukseen. (15)

Rescue Emergency Dronea (RED) voidaan käyttää apuna liikenneonnettomuustilanteessa nopeassa tilanteen ja avuntarpeen arvioinnissa. Drooni voi viedä onnettomuuspaikalle ensiaputarvikkeita ja avustaa elvytyksessä tuomalla paikalle defibrillaattorin. Lisäksi hätäkeskus voi kommunikoida droonin välityksellä onnettomuuspaikalla olevien kanssa. Liikenneonnettomuustilanteissa droonien käyttö saattaa nopeuttaa tarvittavan avun saamista ja toisaalta säästää tarpeettomien hätäajoneuvojen saapumisen onnettomuuspaikalle, jolloin ne ovat muiden avuntarvitsijoiden käytettävissä. (16)

Droonit kadonneen etsinnässä

Lumiseen maastoon kadonnutta tajutonta henkilöä etsittiin kahdessakymmenessä simulaatiossa. Tutkimuksessa verrattiin, löytyykö tajuton henkilö maastosta nopeammin klassisella, jalkaisin suoritettavalla rivietsintäteknikalla vai droonin ja lumikelkan avulla. Ihmisten rivietsintäteknikalla mediaaniaika lähdöstä henkilön löytämiseen oli 57 minuuttia ja droonilla alle yhdeksän minuuttia. Lisäksi drooni etsi kadonnutta 2,5 kertaa suuremmalta alueelta. Minuutin aikana jalkaisin etsittiin 1489 m² kokoinen alue ja droonin avulla 32 980 m² kokoinen alue. Tutkimuksen tuloksena oli, että droonin avulla pystytään etsimään nopeammin laajempi alue. (17)

Droonit apuna veden varaan joutuneelle

Ruotsalaisessa tutkimuksessa sijoitettiin nukke hehtaarin kokoiselle vesialueelle. Nukkea etsi 14 hengenpelastajaa, joilta kului keskimäärin

4,3 minuuttia lähdöstä sen löytämiseen. Droonilla puolestaan aikaa kului keskimäärin 47 sekuntia. Koe toistettiin kaksikymmentä kertaa. Drooni oli keskimäärin 3,4 minuuttia nopeampi kuin hengenpelastajat. (18)

Hukkuvan havaitsemista ja kelluntalaitteen kuljetusta hukkuvalle droonin avulla on simuloitu myös tutkimuksessa, jossa hukkuva henkilö oli 100 metrin päässä rannasta. Drooni löysi vedenvarassa olevan henkilön keskimäärin 30 sekunnin kuluttua lähdöstään ja pudotti noin kuusi kilogrammaa painavan kelluntalaitteen alle viiden metrin päähän henkilöstä. Hengenpelastajan uudessa hukkuvan luo, aikaa kului keskimäärin 65 sekuntia. Tutkimuksen mukaan droonin käyttö kelluntalaitteen kuljetuksessa on turvallista ja saattaa olla nopeampaa kuin hengenpelastajan uiminen paikalle. (19)

Kesän 2017 aikana tehtiin 28 simulaatiota, joissa drooni havaitsi uimarin vedestä ja toimitti hänelle kelluntalaitteen. Simulaatioiden tarkoitus oli arvioida droonin tehokkuutta viedä kelluntalaite erilaisissa merenkäyntitilanteissa veden varassa olevalle henkilölle. Samalla verrattiin aikoja, jotka kuluivat pelastukseen droonin avulla ja ilman droonia. Tutkimustulokset osoittivat, että drooni havaitsi veden varassa olevan henkilön ja toimitti kelluntalaitteen hänelle nopeammin kuin tavallinen pelastuspartio. Merenkäynnin voimistuessa ero pelastusnopeuteen kasvoi. Sääoloilla ei ollut vaikutusta droonien kykyyn havainnoida veden varassa oleva henkilö eikä niiden kykyyn toimittaa kelluntalaite uhrille. Droonien käyttö pelastustyössä voisi tutkimuksen mukaan nopeuttaa ensiavun saantia veden varassa olevalle ja samalla vähentää pelastuspartion altistumista vaarallisille meriolosuhteille. (20)

Droonit kuljettavat Sveitsissä verinäytteitä sairaalasta toiseen.

Droonien tulevaisuus

Droonit kehittyvät ja muuttavat maailmaa nopealla tahdilla. Niille keksitään uusia käyttö-

tarkoituksia koko ajan. Droonien käyttöönotto jokapäiväiseen elämään vaatii vielä kokeiluja ja turvallisuusnäkökulmien huomioimista, mutta vähäpäästöisinä vaihtoehtoina ne tulevat olemaan hyvä ja tehokas vaihtoehto tulevaisuudessa. Droonien käyttöä tullaan tulevaisuudessa lisäämään niin terveydenhuollossa kuin muissakin rahtikuljetuksissa. Uusimpana suunnittelualueena tällä hetkellä näyttäisi olevan drooneilla tehtävä sairaankuljetus.

Kirjoittajat tutustuivat droonien hyödynnettävyyteen terveydenhuollossa yamk-opinnoissaan Tampereen ammattikorkeakoulussa. Projektin toimeksiantajana toimi lehtori Erkki Kiviniemi ja opintojakson opettajana lehtori Jussi Ylänen. Aiheen nopean kehityksen vuoksi jouduttiin tutkimusten sijaan turvautumaan pitkälti nettipohjaisiin lehtiartikkeleihin. ■

Viitteet

- Wills J. Health by stealth: How drones are saving lives. Healthcare Global 2017. <https://www.healthcareglobal.com/magazine/healthcare-global/november-2017>
- World Health Organization. Vector-borne diseases. 2017. www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases
- Lees RS, Gilles JRL, Hendrichs J, ym. Back to the Future: the sterile insect technique against mosquito disease vectors. *Curr Opin Insect Sci*, 10: 156–162, 2015. doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.011
- WeRobotics. USAID Awards WeRobotics grant to reduce zika. 2016. <https://blog.werobotics.org/2016/10/24/usa-id-awards-werobotics-grant-to-reduce-zika/>
- Haugstad T. Oslo Universitetssykehus vil frakte blodprøver og livsviktig biologisk materiale med droner. *Teknisk Ukeblad*, 2018. <https://www.tu.no/artikler/oslo-universitetssykehus-vil-frakte-blodprover-og-livsviktig-biologisk-materiale-med-droner/441111>
- Dearment A. Merck takes part in the of medicine-delivery drones in Puerto Rico. 2018. <https://medcitynews.com/2018/08/merck-takes-part-in-test-of-medicine-delivery-drones-in-puerto-rico/?rf=1>
- WeRobotics. First ever cargo drone deliveries in Amazon rainforest. 2016. <https://irevolutions.org/2016/12/21/amazon-rainforest-cargo-drones/>
- Sharma G. Nepal's medical drones bring healthcare to the Himalayas. 2018. <https://www.reuters.com/article/nepal-health-drones/nepals-medical-drones-bring-healthcare-to-the-himalayas-idU5L3N1S2456>
- Wertheimer L. Drone to transport laboratory samples across lake Zurich. Swiss Post, 2018. <https://www.post.ch/en/about-us/company/media/press-releases/2018/drone-to-transport-laboratory-samples-across-lake-zurich>
- Matternet. Matternet unveils the matternet station. 2017. https://mtr.net/images/Matternet_Press_Release_09.20.2017.pdf
- Amukele T, Street J, Carroll K, ym. Drone Transport of Microbes in Blood and Sputum Laboratory Specimens. *Journal of Clinical Microbiology* 2016; 54: 2622–5.
- Wapner J. Medical transport drones could transform health care in overcrowded cities. 2016. <https://www.newsweek.com/2016/02/05/india-organ-transplant-drones-419013.html>
- Murison M. Drones can do liver: Maryland tests show potential of unmanned organ transport. 2018. <https://dronelife.com/2018/11/20/maryland-tests-organ-delivery-by-drone/>
- Karolinska Institutet. Drones can increase survival from cardiac arrest. 2017. <https://ki.se/en/news/drones-can-increase-survival-from-cardiac-arrest>
- Bigham B. A drone could get to a patient faster than emergency services and could increase survival rates. 2016. <https://www.cbc.ca/news/health/using-drones-for-defibrillator-1.3848349>
- Kristensen A, Ahsan D, Mehmood S, Ahmed S. Rescue Emergency Drone for fast response to medical emergencies due to traffic accidents. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Health and Medical Engineering* 2017; 11(11): 637–41.
- Karaca Y, Cicek M, Tatli O, ym. The potential use of unmanned aircraft systems (drones) in mountain search and rescue operations. 2018. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=The+potential+use+of+unmanned+aircraft+systems+\(drones\)+in+mountain+search+and+rescue+operations](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=The+potential+use+of+unmanned+aircraft+systems+(drones)+in+mountain+search+and+rescue+operations)
- Claesson A, Svensson L, Nordberg P, ym. Drones may be used to save lives in out of hospital cardiac arrest due to drowning. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28110000>
- Bäckman A, Hollenberg J, Svensson L, ym. Drones for Provision of Flotation Support in Simulated Drowning. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29735229>
- Seguin C, Blaquiére G, Loundou A, ym. Unmanned aerial vehicles (drones) to prevent drowning. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29653153>