

TIETEELLINEN ARTIKKELI

SAARA RAULO, THOMAS GRÖNTHAL, ERJA MÄKELÄ JA SAARA SALMENLINNA

Katsaus tuotantoeläimiin liittyvästä MRSA:sta ja sen vaikutuksista ja hallintamahdollisuuksista Suomessa

Review on MRSA in production animals and its consequences and management options in Finland

> YHTEENVETO

Metisilliiniresistentti *Staphylococcus aureus* (MRSA) on merkittävästi yleistynyt Suomessa etenkin siilla. Samaan aikaan ihmisten eläinperäiset tuotantoeläintyyppin MRSA CC398 -tartunnat ovat lisääntyneet erityisesti henkilöillä, jotka ovat olleet kosketuksissa tuotantosikoihin. Kehitys on esimerkki zoonoottisen, moniresistentin mikrobin leviämisestä, jonka taustalla on bakteerin kyky siirtyä ihmisten ja eläinten välillä sekä bakteerin taipumus hyötyä nykyaikaisista tuotantoeläinten kasvatuksen ja maatalouden käytännöistä. MRSA on yhteiseen terveyteen liittyvä ongelma, jossa MRSA:n yleistymisen voi johtaa ajan myötä eläinten ja ihmisten MRSA-tilanteen huonontumiseen. Suomessa eläinten MRSA-tartunnat alkoivat lisääntyä jo toistakymmentä vuotta sitten. Sikojen lisäksi MRSA:ta on todettu etenkin hevosilla eläinsairaalaepidemioiden yhteydessä. MRSA-bakteeri on yleistynyt suomalaisilla sikatuotantotiloilla siinä määrin, että sikoja työkseen käsittelevien on syytä suojautua tartunnalta. MRSA-tartunnan mahdollisuus tulee huomioida myös hevossairaaloissa. Useissa maissa MRSA-tartuntojen torjumiseksi on laadittu kansallisia toimintasuunnitelmia ja niihin liittyviä ohjeita; alkuun tartuntojen ehkäisyyn ihmisten terveydenhuollossa ja eläinten kantajuuden yleistyessä myös tuotantoeläinympäristöissä. Vaikkei eläinten MRSA:n hallintaan ole Suomessa suunnitelmallista ohjelmaa, tartuntojen torjumiseksi on laadittu ohjeet sikoja työkseen käsittelevien tartunnalta suojautumiseen sekä suositus MRSA-tartunnan torjunnasta ja ehkäisystä eläimillä. Hygieniopoas voisi edistää ihmisten suojautumista myös hevostalleilla.

> SUMMARY

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) has become more common in Finland, especially in domestic pigs. At the same time, livestock-associated MRSA CC398 infections of animal origin have increased in humans, typically in individuals who have been in contact with production pigs. This development is an example of spread of a zoonotic, multi-resistant microbe. The spread is a consequence of the ability of the bacterium to migrate between humans and animals, and the opportunism benefited from modern farm animal husbandry and agricultural practices. MRSA is a One health concern, as the spread of MRSA may over time lead to a worsening of the MRSA situation in animals and humans. In Finland, MRSA infections in animals became gradually more common during the last decade. In addition to pigs, MRSA has been detected especially in horses during animal hospital outbreaks. MRSA has become more common in Finnish production pigs to such an extent that those who handle pigs for work need to be protected from infection. MRSA risk should also be considered in equine hospitals. Several countries have national action plans and guidelines to combat MRSA infections; initially for the control of infections in human healthcare and later, as MRSA became more prevalent in animals, also to prevent the spread in production animal settings. MRSA is not officially controlled in animals in Finland and no management program for animals has been drafted. However, guidelines have been developed for the protection of people working with pigs from infection, as well as a recommendation on the control and prevention of MRSA infections in animals. A hygiene guide might well promote the protection of people also at horse stables.

JOHDANTO

Staphylococcus aureus (MRSA) on ihmisten ja kotieläinten ihon ja limakalvojen mikrobistoon kuuluva bakteeri, joka voi aiheuttaa myös oireisia ja vakavia infektioita.¹ *S. aureus* -infektioita hoidetaan yleensä penisilliinien sukuisilla mikrobilääkkeillä. Metisilliinille resistentti *S. aureus* on vastustuskykyinen kaikille beetalaktaamiryhmän mikrobilääkkeille² kahta niin kutsuttua MRSA-kefalosporiinia lukuun ottamatta.³ Vastustuskyky mikrobilääkkeille kaventaa MRSA-infektioiden hoitomahdollisuuksia. Kolonisaatiolla, jossa bakteerit lisääntyvät ihmisen tai eläimen iholla ja limakalvoilla aiheuttamatta oireita, on suuri merkitys myös MRSA:n leviämiseen.^{2,4}

MRSA-tartuntoja todetaan yhä enemmän henkilöillä, jotka eivät ole olleet sairaalahoitossa. Tällaisten tartuntojen taustalla voi olla eläinkontakti.^{5–8} Tuotantoeläimiin liittyvään MRSA:han havahduttiin Keski-Euroopassa vuonna 2004.^{9,10} Suomessa ensimmäiset eläimiin liittyneet tartunnat todettiin vuonna 2007.¹¹ Kuten ihmisillä, myös eläimillä MRSA:n kliininen merkitys on suurin sairaaloissa. Esimerkiksi hevosille MRSA aiheuttaa leikkaushaavainfektioita.¹² Karjaterveyden kannalta MRSA ei ole kovin merkittävä tekijä, vaikka yksittäisiä vakavia infektioita tavataan tuotantoeläimilläkin.²

MRSA-bakteereissa on tunnistettavissa klonaalisia ryhmiä (clonal complex, CC), näistä MRSA CC9 ja CC398 -bakteerit leviävät erityisen tehokkaasti tuotantoeläimillä ja ovat MRSA:n CC-ryhmistä zoonooseina merkittävimpiä.¹³ MRSA CC398 on Euroopassa vallitseva^{7,14,15} ja sen kyky levitä eläimistä ihmisiin on osoitettu epidemiologisesti.² Sikoja on pidetty MRSA CC398:n pääasiallisena varantona.^{2,16} Nykykäsityksen mukaan bakteerin mikrobilääkkeille herkkä muoto siirtyi alkujaan ihmisestä sikaan. Mikrobilääkkeiden käytön seurauksena herkästä bakteerimuodosta kehittyi siassa mikrobilääkkeille vastustuskykyinen MRSA CC398.¹⁷ Tuotantoeläimillä todetaan tämän lisäksi myös muihin CC-ryhmiin liittyviä MRSA-bakteereja, joita esiintyy myös ihmisillä.² CC-ryhmän sisällä on erotettavissa bakteerin pintaproteiinia koodittavan, *spa*-geenin perusteella useita niin kutsuttuja *spa*-tyyppejä.

MRSA TUOTANTOELÄIMILLÄ

Tuotantoeläintyyppien MRSA CC398 on yleistynyt maailmanlaajuisesti useissa eläinlajeissa.^{1,2} Euroopan maista esimer-

YDINKOHDAT

- MRSA on zoonoottinen, usein moniresistentti mikrobi, jota esiintyy myös Suomessa.
- Tuotantoeläintyyppien MRSA (CC398) -tartunnat ihmisillä ovat lisääntyneet.
- MRSA on yleistynyt sioilla ja hevosilla. Esiintymistä muilla tuotantoeläinlajeilla Suomessa ei tunneta.
- Tuotantoeläimiä käsittelevien ihmisten on syytä suojautua tartunnalta.
- MRSA-riski on huomioitava hevossairaaloissa.
- Eläinten MRSA-tartuntojen vähentäminen edellyttää toimia.
- MRSA:n torjuntaa eläimillä voidaan perustella kansanterveys-työhyödyllä.

Käsi- ja jalanpesu saapui toimitukseen 11. lokakuuta 2022.

kiksi Saksassa, Espanjassa, Hollannissa ja Tanskassa se on sioilla erittäin yleinen.^{15,22} MRSA CC398 on Euroopassa yleistynyt myös siipikarjalla,^{19,20} lihanaudoista etenkin juottovasikoilla^{18,21–23} ja esimerkiksi Tanskassa turkiseläimillä.^{18,24–26}

MRSA:n yleisyyttä terveillä hevosilla ei laajemmin tunneta, mutta esimerkiksi Italiassa tutkituista kilpatallien hevosista 7 prosentilla todettiin MRSA.²⁷ Tanskassa hevostalleista yli 8 prosentilla todettiin MRSA:ta kantavia hevosia.^{18,23} Näillä terveillä hevosilla todettiin useimmiten MRSA CC398. Yhtenä syynä MRSA:n yleisyyteen hevossairaaloissa on esitetty hevosiin sopeutunutta CC398 *spa* t011 -kantaa, josta hevossairaalaepidemioiden aiheuttajaksi on erilaistunut tietty alatyypin (clade).²⁸ Sen ominaisuus, välttää elimistön puolustusmekanismeja, on voinut edistää bakteerin tehokasta leviämistä hevosilla. MRSA CC398 on aiheuttanut hevosten sairaalainfektioita ympäri Euroopan.^{28–32}

ELÄINPERÄINEN MRSA IHMISSILLÄ

Vuonna 2013 MRSA CC398 edusti yli 10 prosenttia kaikista ihmisten MRSA löydöksistä viidessä Euroopan maassa.⁵ Tanskassa ihmisillä vuonna 2019 todetuista uusista MRSA-tartunnoista lähes 31 prosenttia oli tuotantoeläinten MR-

SA CC398:n aiheuttamia.²³ Työperäinen altistuminen maatalousympäristössä on ihmisten kantajuuteen eniten vaikuttava tekijä.¹ Hollannissa ja Saksassa sikatiloilla työskentelevistä jopa 24–86 prosentin on todettu olevan MRSA CC398 -kantajia.^{33–37} Eläinten kasvatustilan ilman MRSA-pitoisuuden on osoitettu olevan yhteydessä sikalassa työskentelevien MRSA-kantajuuteen.^{38,39} Ilman MRSA-pitoisuus oli merkittävä riskitekijä erityisesti yli 20 tuntia viikossa sikalassa työskentelevillä.³⁹ Hollantilaisen tutkimuksen mukaan pysyvästi kolonisoituneet henkilöt olivat olleet sikalassa viikoittain vähintään 40 tuntia.³⁴ Myös teurastamoilla sikojen ja sianlihan käsittelyyn osallistuvasta henkilöstöstä 5–21 prosentin on osoitettu kantavan MRSA-bakteeria.^{40,41} MRSA CC398 -kantajia on todettu myös sikaloissa työskentelevien perheenjäsenissä⁴² sekä sikaloiden läheisyydessä asuvissa ihmisissä.⁴³ Vaikka MRSA-bakteereita voi päätyä elintarvikkeisiin, ruuan nauttimisella ei katsota olevan merkitystä MRSA-tartuntoihin.^{44,45}

Hevoset voivat toimia ihmisen MRSA-infektion lähteenä.⁴⁶ Italiassa hevosten kanssa lähikontaktissa työskentelevistä talli- ja teurastamotyöntekijöistä 7 prosenttia oli MRSA-kantajia.²⁷ Saksassa hevosten parissa työskennelleistä eläinlääkintähenkilöstöstä noin joka viides oli kolonisoitunut MRSA:lla.³⁰ Hevostyössä altistuneilla todetut MRSA-tyypit vastasivat hevosten infektioista eristettyjä tyyppiejä.³⁰

Eläinlääkärien altistuminen MRSA:lle kliinisessä eläinhoitotyössä on mahdollista.¹ Esimerkiksi Belgiassa lähes 10 prosenttia ja Tanskassa vajaa 2 prosenttia tutkituista eläinlääkäreistä oli vuonna 2010 MRSA CC398 -bakteerin kantajia.⁴⁷ Tartuntariski liittyi tuotantoeläinten, etenkin sikojen hoitotyöhön. Itävallassa praktisoivilla eläinlääkäreillä MRSA-kolonisaatio oli lähes viisi kertaa yleisempi sikoja hoitavilla kuin muita eläimiä hoitavilla. Kolonisoitumiseen liittyi yli kolme sikalakäyntiä viikossa.⁴⁸

ZOONOOTTINEN MRSA SUOMESSA

Vuodesta 2013 lähtien Suomessa ihmisillä todettujen MRSA CC398 -tapauksen määrä on lisääntynyt jyrkästi.⁸ Vuosina 2019–2020 yli 6 prosenttia Suomessa todetuista MRSA-tartunnoista oli CC398-tyyppejä.⁴⁹ MRSA CC398 on aiheuttanut Suomessa ihmisille infektioita, joista osa on ollut sairaalahoitoa vaativia. Ihmisten kliinisten MRSA-infektioiden taustalla on ollut sikojen lisäksi

kontakteja ainakin hevosiin, siipikarjaan ja nautoihin.⁸ Yksittäisiä kliinisiä MRSA-infektioita on todettu myös eläinkontaktissa olleiden henkilöiden, lähinnä sikaloissa työskennelleiden, perheenjäsenillä.⁵⁰

Altistuminen eläinten parissa työskenneltäessä

Tuotantoeläinten parissa työskentelevien henkilöiden MRSA-kantajuutta ei ole tutkittu laajasti Suomessa. Esimerkiksi vuonna 2018 Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirissä todettiin 21 MRSA CC398 -tapusta, mikä vastaa 11 prosenttia kaikista MRSA-tapauksista. Niistä yhtä lukuun ottamatta kaikilla oli taustalla sika- tai muu tuotantoeläincontactti.⁸ Vuonna 2013 seulottiin suomalaisilla sikatiloilla työskennelleitä henkilöitä; heistä 8 prosentilla todettiin MRSA CC398.⁵⁰

Suomessa hevosiin yhdistetyistä ihmisten MRSA-tartunnoista valtaosa on liittynyt hevossairaalaepidemioihin. En-

simmäiset hevossairaalaan liittyneet ihmisten tartunnat todettiin 2007.¹¹ Vapaaehtoisesti 2016 Eläinlääkäripäivillä seulotuista 320 eläinlääkäristä yhden todettiin kantavan Suomessa sioilta todetun kaltaista MRSA:ta.⁵¹ Seulotuista eläinlääkäreistä lähes 7 prosenttia hoiti sikoja ja noin 16 prosenttia hevosiä vähintään viikoittain.

MRSA ELÄIMILLÄ SUOMESSA

Sika

Vuonna 2008 MRSA CC398 -bakteerin esiintyvyyden suomalaisilla porsastuotantotiloilla arvioitiin olleen 0,1–2,8 prosenttia.¹⁴ Tuoreempaa tietoa MRSA:n yleisyydestä sikatiloilla ei ole, mutta esimerkiksi niistä porsastuotantotiloista, jotka vuosina 2009–2010 lähettivät Eviraan sikoja tutkittavaksi, 3 prosentilla esiintyi MRSA:ta.⁵² Havaintojen perusteella pohdittiin mahdollisuutta hallita tilannetta pitämällä sikojen tuotantopyramidin huipulla porsaita tuottavat jalostussikalat tartunnasta vapaina. Tätä var-

ten vuosina 2012–2013 seulottiin kaikki erityistason jalostussikalat. Yhdessäkään ei tuolloin todettu MRSA:ta.⁵³ Sitten tartuntoja on esiintynyt niissäkin (Ruokavirasto julkaisematon). Vuosina 2012–2013 tutkimushankkeessa selvitettiin MRSA-tilannetta sikatuotantotiloilla, joilla esiintyi hengitystietulehduksia. Hankkeeseen osallistuneista 50 tilasta 22 prosentilla todettiin MRSA.⁵⁰

Koska tartuntojen rikastumisen kohti tuotantopyramidin pohjaa ajateltiin heijastuvan teuraseläimiin, esiintymistä teurasioissa selvitettiin vuosina 2009–2010 ja 2016–2017. Tutkimusvuosien välillä MRSA-bakteeri yleistyi yli kolminkertaisesti niin, että vuonna 2017 päättyneen tutkimuksen selvityksessä sitä todettiin jo lähes 80 prosentilla sikateuraseristä.⁵⁴ Tulos vastasi Tanskan vuoden 2012 tasoa.⁵⁵ MRSA:n yleistymisen sioissa näkyi myös vähittäismyynnin tuoreessa sianlihassa (taulukko 1), jossa MRSA-baktee-

TAULUKKO 1 TABLE

MRSA-seurannan tulokset ihmisillä, sioissa ja sianlihassa, vahvistetut kliiniset löydökset sioilla ja hevosilla, sekä todetut hevossairaalaepidemit. Monitoring results on MRSA in people, pigs and pork, confirmed clinical cases in pigs and horses, and the detected horse hospital outbreaks.

| Seurannan kohde Target population | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|---|---|--|
| Ihmiset People | | Siat/Sianliha Pigs/Pork | | | Hevoset Horses | |
| Vuosi Year | CC398-tartuntojen osuus todetuista MRSA-tartunnoista, % ^a Proportion of CC398 cases out of all MRSA cases, % ^a | Kotimaisen sianlihan osuus jossa todettu MRSA, % (arvio todellisesta esiintyvyydestä) ^b Proportion of domestic pork with MRSA, % (true prevalence estimate) ^b | Teuraserät joissa MRSA positiivisia sikoja, % ^c Slaughter batches with MRSA positive pigs, % ^c | Infektioihin liittyneet löydökset, n ^c Findings related to infections, n ^c | Todettu uusi sairaalataartuntarypäs, kloonikompleksi ^d Detected new hospital cluster, Clonal Complex ^d | Vahvistetut tapaukset, n ^{c,e} Confirmed cases, n ^{c,e} |
| 2006 | 0 | | | 0 | muu kuin CC398 | 5 |
| 2007 | 0,1 | | | 0 | CC398 | 13 |
| 2008 | 0,3 | | | 0 | muu kuin CC398 | 2 |
| 2009 | 0,3 | | | 0 | | 1 |
| 2010 | 0,5 | | 22 | 1 | | 5 |
| 2011 | 0 | | | 0 | | 1 |
| 2012 | 0,3 | | | 0 | | 0 |
| 2013 | 0,8 | | | 0 | | 0 |
| 2014 | 1,3 | | | 0 | | 0 |
| 2015 | 3,2 | 2,4 (3,4) | | 5 | | 0 |
| 2016 | 2,9 | | | 2 | | 0 |
| 2017 | 3,4 | 5,9 (8,7) | 77 | 2 | | 0 |
| 2018 | 5 | | | 1 | | 0 |
| 2019 | 6,8 | | | 4 | CC398 | 78 |
| 2020 | 6,3 | | | 1 | | 47 |
| 2021 | 4,7 | 12,6 (12,5) | | 2 | | 43 |

^aTartuntatautirekisteri/Infectious disease register (THL)

^bFINRES-Vet (Ruoka)

^cKansallinen vertailulaboratorio/NRL (Ruoka)

^dHevossairaala/Equine hospital (HY/HU)

^eYESLAB (HY/HU)

^fEi välttämättä infektion aiheuttaja/Not necessarily the cause of infection

reja on todettu aikaisempaa enemmän.⁵⁶ Suomessa sikojen oireisista infektiosta eristettyjä vertailulaboratorion vahvistamia MRSA-löydöksiä on kymmenkunta (taulukko 1).

Sioilla ja sianlihassa on todettu useaa eri MRSA CC398 ja CC1 -bakteerien *spa*-tyyppiä.⁵⁷ Eri *spa*-tyypit vaikuttavat ilmaantuneen Suomessa sikoihin eri aikaan,⁸ ja aluksi ne todettiin eri maantieteellisillä alueilla. Epidemiologisesti eri *spa*-tyyppien ajallinen ilmaantuminen, yleistyminen ja väheneminen viittaavat siihen, että MRSA on päätenyt Suomeen ja sikoihin useita kertoja eri reittejä. Vuoden 2007 jälkeen sioilla on ollut samanlaisesti meneillään useamman *spa*-tyypin epidemia-aaltoja. Tämä tapahtumaketju todennäköisesti jatkuu edelleen.

Hevonen

MRSA-löydökset hevosilla Suomessa lisääntyivät viime vuosikymmenen lopussa. Suuri osa hevosten MRSA-löydöksistä on liittynyt hevossairaalassa todettuihin tartuntaryppäisiin (taulukko 1). Ensimmäiset MRSA-epidemit hevossairaaloissa koettiin vuosina 2006 ja 2007.^{11,52} Niiden jälkeen useampi tartunta todettiin vuonna 2010. Tämän jälkeen hevosiin liittyi vain yksittäisiä MRSA-löydöksiä vuoteen 2019 asti. Tuolloin käynnistyi toistaiseksi laajin, yli 160 hevosta käsittänyt hevossairaalaepidemia. Viimeisimmän ja vuoden 2007 epidemian aiheutti MRSA CC398, *spa* t011.^{11,58} Suomessa hevosilla MRSA on pääsääntöisesti todettu oireettomilla kantajilla. Bakteeri on viimeisimmän epidemian aikana aiheuttanut hevosille vain yksittäisiä tulehduksia, joita oli 11 kappaletta.^{58,59}

Muut tuotantoeläimet

MRSA CC398:n esiintymistä muilla tuotantoeläinlajeilla Suomessa ei ole juuri tutkittu. Viimeisimmässä, nautojen mastiitin aiheuttajien kartoituksessa vuonna 2012 ei todettu MRSA:ta,⁵³ eivätkä aikaisemmat löydökset vuosina 2005 ja 2006 kuuluneet CC398-ryhmään.⁶⁰ Turkiseläinten MRSA-tartunnoista ei saatu viitteitä, kun Ruokavirasto tutki vuosina 2020–2021 sinea lähetettyjä minkkejä, sinikettuja ja supeja.⁵⁶ Siipikarjan taudinsyyn selvityksissä eristetyissä *S. aureus* -bakteereissakaan ei ole todettu MRSA:ta.^{54,58,59,61}

ESIINTYMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT SUOMESSA

Leviäminen sikaloihin

Suomessa sioilla todetut MRSA-tyypit ovat pääasiassa olleet sellaisia, joita on aiemmin todettu sioilla muualla Euroopassa, etenkin Keski- ja Etelä-Euroopan maissa.¹⁴ Ensimmäisten sikojen MRSA-havaintojen aikaan vuonna 2009 Suomessa todettiin ensi kertaa myös sikojen influenssatartuntoja, jotka aiheutti eurooppalaisissa sioissa esiintynyt virustyyppi.⁶² Sikojen influenssaviruksen leviäminen Suomeen osoittaa, että suomalaisten ja ulkomaisten sikaloiden välillä on ollut kontakti. Elävien sikojen maahantuonti voi olla yksi reitti bakteerin päätymiselle uuteen maahan.⁶³ Suomeen on tuotu pääasiassa karjuja keinosiemennysasemille Tanskasta ja Norjasta.⁶⁴ Tartunnan leviäminen keinosiemennysasemilta sikatiloille ei kuitenkaan ole kovin todennäköistä, koska asemien ja tilojen välillä ei ole spermaa lukuun ottamatta kontakteja. Todennäköisempää on, että MRSA CC398 on tullut Suomeen muiden eläinten kuin sikojen välittämänä, esimerkiksi rehun tai lannan kaltaisten eläinperäisten aineiden tai ihmisten mukana.

Hevosten liikkuminen Euroopan maiden ja Suomen välillä on yleistä. Suomessa hevosilla ja sioilla todettujen MRSA-tartuntojen välillä ei *spa*-tyyppien perusteella vaikuta olevan yhteyttä.^{11,59} Tanskassa minkkien MRSA CC398 -tartunnanlähteenä ovat olleet rehuiksi käytetyt teurasivutuotteet.²⁴ Teurasivutuotetta tuodaan Suomeen muun muassa turkiseläinten rehuksi useista eri maista.⁶⁴ Norjassa sikojen MRSA-tartuntojen alkuperäksi arveltiin Tanskaa, josta sen olisivat välittäneet sikalatyöntekijät.⁶⁵ Myös Suomen sikaloissa työskentelee ulkomailta tulevaa työvoimaa. Ylipäätään ulkomaiset henkilökontaktit sikaloissa ovat lisääntyneet 2000-luvun alusta.⁶⁴

Suuremman tilakoon ja vaihekasvatuksen on osoitettu vaikuttavan MRSA:n yleisyyteen.⁶⁶ Suomessa siantuotantorakenteita on tehostettu ja modernisoitu aktiivisesti 2000-luvun alusta alkaen. Erityisesti porsastuotannon keskittyminen harvempiin ja kooltaan suurempiin yksiköihin on MRSA:n hallinnan kannalta haasteellista.⁶⁷ Sikaloiden välinen eläinliikenne on osoitettu riskitekijäksi tilan MRSA-tartunnalle.^{68,69} Sikaloiden välisellä eläinliikenteellä on

merkitystä myös Suomessa. Kolmen eri MRSA *spa* -tyypin leviämistä tarkasteltiin vuonna 2013, kun sioilla havaittujen tartuntojen yhteyksiä jäljitettiin rekisteröityjen sikojen siirtotietojen perusteella (Ruokavirasto julkaisematon). Kustakin *spa*-tyypin ryppästä paljastui yksi hyvin verkottunut porsastuotantotila, joka on voinut olla keskeinen tietyn MRSA *spa*-tyypin leviämiseen. Keskeiset porsastuotantotilat on liitetty sioilla yleisimmin esiintyneiden MRSA-tyyppien leviämiseen myös Tanskassa.⁷⁰ Sikaloiden pitäminen tartunnasta vapaina on osoittautunut vaikeaksi. Esimerkiksi Norjassa, missä saneraatuilla tiloilla MRSA-tartunta on todettu uudestaan, selvisi, että eläinten siirtojen lisäksi uusintatartuntoja ovat välittäneet sikaloissa työskennelleet henkilöt, mukaan lukien eläinlääkärit.⁶⁵ Suomessa sikalassa työskenteleville suunnattuun kyselyyn osallistuneista 104 henkilöstä merkittävä osa (40 prosenttia) kertoi työskentelevänsä vuoden aikana useammassa sikalassa, tyypillisimmin kahdessa mutta enimmillään jopa 30:ssä.⁷¹ Koko maan sikaloiden MRSA-tilanteeseen voivat näin ollen vaikuttaa karjojen välinen eläinliikenne sekä ihmisten osuus karjojen välisten tartuntojen välittäjinä.⁷²

MRSA voi kulkeutua ilman mukana useita satoja metrejä.^{73–75} Kärpäset voivat toimia sen vektoreina.⁷⁶ Suomessakin on alueellisia sikalakeskittymiä, joiden lähiympäristöstä tartunta voi olla mahdollinen. Lannan levitystavalla voi siten olla merkitystä bakteerin leviämiseen.^{77,78} Tuotantoeläintyyppin MRSA-kantoja on todettu myös luonnonvaraisilla eläimillä, joilla ei ole ollut suoraa kosketusta mikrobilääkkeisiin.⁷⁹ Tämä osoittaa MRSA:n siirtymisen tuotantoeläimistä ympäristöön. MRSA:n reservuaareja voi näin olla myös luonnossa.

Yleisyys sioilla

Useat tekijät vaikuttavat siihen, miten paljon MRSA-bakteeria esiintyy sikojen kasvatustilassa ja mikä osuus karjan sioista kantaa ja levittää bakteeria. Suomessa kasvatusyksiköissä, joissa MRSA:ta on esiintynyt, sioista keskimäärin 40 prosenttia (vaihteluväli 5–100 prosenttia) kantoi MRSA:ta.⁵⁰ On ajateltu, että mikrobilääkkeiden käyttöä vähentämällä hillittäisiin myös MRSA:n yleistymistä, mutta tästä ei ole selvää näyttöä. Esimerkiksi Alan-

komaisissa, missä mikrobilääkkeiden käyttö sioille väheni puoleen vuosien 2009 ja 2014 välillä, MRSA CC398:n esiintyvyys teurassioissa kasvoi 2,5-kertaiseksi vuosien 2005 ja 2015 välillä.⁸⁰ Sen sijaan on näyttöä, että porsaiden vieroitusripulin ehkäisyyn käytettävä sinkkioksidia sisältävä lääke-rehu lisää sikojen MRSA-kantajuutta.^{81,82} Muun muassa tästä syystä sinkkioksidin käytöstä ollaan luopumassa EU-alueella. MRSA CC398 -bakteerit ovat tetrasykliinille resistenttejä. Resistenssistä on niille etua maatilaympäristössä.² Tanskassa on arvioitu, että sinkkioksidin ja tetrasykliinin käyttö ovat tuottaneet valintapaineen yhdelle valtaklooneista.⁷⁰ Koko maan sikojen MRSA-tilanteeseen voi vaikuttaa tetrasykliini- ja β-laktaamiantibioottien käytön määrä.⁷² Eläinten pitotavallakin on merkitystä: esimerkiksi Tanskassa MRSA:n esiintyvyys on osoitettu vähäisemmäksi ulkona kasvatettavilla kuin sisällä kasvatettavilla sioilla.²⁶ Myös olkikuivitus voi vähentää sikojen MRSA-kantajuutta.⁸³

Leviäminen hevosiin

Suomessa hevosten MRSA:n alkuperäisiä lähteitä ei tunneta. Hevosia hoitaa enemmän ihmisiä kuin muita tuotantoeläimiä. Lisäksi hevosia kuljetetaan enemmän maasta toiseen. Vuonna 2020 yhtä Suomessa olevaa hevosta kohden oli yli kaksi hevosharrastajaa ja -työntekijää.⁸⁴ Esimerkiksi vuonna 2020 ulkomailta Suomeen tuotiin lähes 2 600 hevosta,⁸⁴ yleisimmän Virosta, Alankomaista ja Saksasta. Alankomaissa ja Saksassa hevosilla tiedetään esiintyvän MRSA CC398 -kanta.^{29,30} Hevosten MRSA-lähteinä voivat siten toimia Suomeen tuodut hevoset, muut kotieläimet tai hevosten kanssa tekemisissä olevat ihmiset. Koska CC398 MRSA:ta on löytynyt suomalaisilla hevosilla jo vuonna 2007,¹¹ on mahdollista, että yleistymisen hevosilla johtuu osittain hevosklinikkojen ulkopuolella tapahtuvasta leviämisestä (vertaa ihmisillä CA-MRSA, eli community acquired MRSA). MRSA CC398:n siirtyminen sioista hevosiin on osoitettu Tanskassa.²⁸ Tämä on myös Suomessa mahdollista.

TUOTANTOELÄIMIIN LIITTYVÄN

MRSA:N TORJUNTA

Hallinta tuotantoeläintiloilla

Norjassa, missä tuotantoeläinten MRSA on harvinainen, eradikaatiota pidetään

pitkällä tähtäimellä kustannustehokkaimpana hallintavaihtoehtona.⁶⁵ Siellä bakteeri pyritään pitämään poissa sikaloista seulomalla uudet työntekijät ja häätöhoitamalla MRSA-kantajat. Sikaloiden MRSA-tilanne tutkitaan säännöllisesti ja positiiviset karjat hävitetään. Lisäksi positiivisten karjojen kontaktit jäljitetään ja uusi eläin tuodaan vasta kasvatustilan tyhjänä pidon jälkeen.^{1,65} Ruotsissa, missä MRSA:n ei ole raportoitu mittavasti yleistyneen tuotantoeläimillä, hallinta on painotettu tuontieläimiin.⁸⁵ Lisäksi sikatiloille on tuotettu bioturvaohjeita ja suosituksia, joissa suositellaan työntekijöille ja sikaloissa vieraileville käsien pesua ja käsihuuhteen käyttöä.⁸⁶ Kuten Norjassa, myös Ruotsissa arvioidaan, että MRSA:n yleistymisen sioissa aiheuttaisi ajan myötä merkittäviä kustannusvaikutuksia ihmisten terveydenhuollossa.⁸⁷

Tanskassa, missä MRSA CC398 on yleinen, eradikaation kustannuksien on laskettu ylittävän hyödyt.⁸⁸ Tanskassa tähdenetään väestöön leviämisen ehkäisyä estämällä bakteerin leviäminen sikaloiden ulkopuolelle.⁸⁹ Eläintilojen terveystuokitusjärjestelmään on sisällytetty vaatimukset käsihygieniasta ja siitä, että eläinten kasvatustiloista poistetaan suihkun kautta sekä vaihdetaan vaatteet ja jalkineet. Vaatimukset koskevat sikaloissa työskenteleviä ja niissä vierailevia. Lisäksi sikalatyöntekijöille on hygieniahoitajan tukipalvelu, joka antaa tietoa sekä käytännön ohjausta hygieniaoimista. Tilojen valvonnassa painotetaan kuolleiden eläinten asianmukaista varastointia, jotta seura- tai luonnonvaraiset eläimet eivät pääse niiden tai muiden jätteiden kanssa tekemisiin. Ympäristöön leviämisen ja työssä altistumisen vähentämiseksi on Tanskassa päädytty kuumentamaan turkiseläinten rehut.^{25,90}

Suomessa on laadittu suositukset tartunnan torjunnasta ja ehkäisystä eläimillä.⁹¹ Niissä on tuottajille ja eläinlääkäreille suunnattua tietoa MRSA-tartuntojen vähentämiseksi. Sikoja työkseen käsittelevien henkilöiden tartunnalta suojautumiseen on tuotettu malliratkaisu.⁹²

Hallinta hevosilla

Hevostallien suojautuminen MRSA:lta on vaikeaa, koska bakteerit pääsevät melko esteettömästi oireettoman kantajan, eläimen tai ihmisen, mukana talliin ja leviä-

mään siellä oleviin hevosiin. Koska MRSA-bakteerista ei ole terveelle eläimelle tai ihmiselle haittaa,² oireetonta eläintä ei tarvitse kotitallilla eristää¹ eikä MRSA:ta kantavien hevosten takia suojautumiskäytäntöjä talleilla muuttaa. Helsingin yliopistollisen hevossairaalan ohjeen mukaan hevosen kanssa harrastamista ja oleskelua voidaan jatkaa normaalisti MRSA-kantajuudesta huolimatta.⁹³ Eläinlääkärien tulee pitää erityistä huolta käsihygieniasta, sillä he voivat toimia MRSA:n välittäjinä niin tallin hevosten kuin hevostallien välillä.^{1,30} Hevossairaaloissa ja klinikoilla MRSA:ta kantavat hevoset tulee hoitaa kosketuseristyksessä, jottei bakteeri pääse leviämään muihin potilaisiin ja sairaalaympäristöön.³² Helsingin yliopistollisessa hevossairaalassa MRSA-seulontaa harkitaan, mikäli hevonen on vastikään ollut sairaalahoidossa tai tullut ulkomailta, sillä on leikkaushaavataulehdus tai hoitoon vastaamaton tulehdus tai se on saanut lukuisia antibioottikuureja.

POHDINTA

Työssä altistumisen torjunta

Kun eläimissä endeemisesti esiintyvän zoonoosin aiheuttajan esiintymistä ei hallita, tautitapausten torjunta perustuu ihmisten suojaamiseen infektiolta. Suojautumisohjeet sikaloissa työskenteleville painottavat sellaisten työmenetelmien välttämistä, jotka nostavat mahdollisimman vähän pölyä, sekä hengityksensuojainten käyttöä ja käsihygienian merkitystä.^{71,92} Hengityksensuojaimen käytön on todettu suojaavan ihmistä tartunnalta,^{34,38,94,95} mutta käyttöönotossa on ollut Suomessa puutteita.⁷¹ Ohjeista poiketen vain osalla Suomen sikatiloista on tuotantotilojen yhteydessä suihku ja mahdollisuus säilyttää työ- ja oma vaatetus erillään. Kädet pyyhitään usein vaatteisiin tai yhteiseen pyyheliinaan kertakäyttöpyyhkeiden asemesta.⁷¹ Etenkin hevostallien käsihygieniassa on varaa parantaa.⁹⁶ Lisäksi eläinlääkärien hygieniakäytäntöjä olisi kohennettava.⁹⁶ Suojautumista talleilla tukisi hygieniaopas, jossa huomioitaisiin myös hevospraktiikan erityispiirteet. Eläinklinikoilla ja -sairaaloissa toteutettavat tavantomaiset varotoimet ja käsihygienia ovat avainasemassa niin MRSA:n kuin muiden tarttuvien tautien leviämisen ehkäisemisessä. Epidemiatilanteessa bakteerin hyvä

säilyminen pölyssä voi hankaloittaa torjuntatoimia eläinklinikan tai -sairaalan eläintiloissa.

Tietoa MRSA-bakteerista sekä hygienian tärkeydestä tulisi tarjota kaikille, jotka käsittelevät MRSA:ta kantavia eläimiä. Eläinlääkärien lisäksi esimerkiksi työsuojelutarkastajilla on mahdollisuus puuttua aktiivisesti epäkohtiin ja tarjota tietoa puhtaudesta ja henkilöhygieniasta tuotantoeläinten parissa toimiville. Toimenpiteitä noudattamalla suojaa sekä itseään että eläimiä tartunnalta.¹

Tuotantoeläinten MRSA-reservuaarin hallinta

MRSA:ta ei Suomessa vastusteta eläimillä lakisääteisesti eikä sille ole laadittu hallintaohjelmaa. On ilmeistä, että MRSA on ainakin suomalaisilla sikatiloilla hyvin yleinen. Työturvallisuuslain mukaan työntekijöiden altistuminen estetään poistamalla ensi sijassa terveyttä vaarantavat riskitekijät.⁹⁷ Näin olleen toimenpiteitä tulisi kohdistaa eläinreservuaarin hallintaan. Parhaimmillaan eläintiloilla bioturvallisuus varmistetaan ohjelmallisesti toteutettuna, auditoituna ja sertifioituna toimintana. Eläintilan hyvä sisäinen ja ulkoinen tautisuojaus ovat perusta myös tehokkaalle MRSA:n torjunnalle.^{1,83} Erityisesti sikaloiden sisäisessä bioturvallisuustasossa on osoitettu olevan parantamisen varaa.^{98,99}

Kyetäksemme estämään eläinperäisen MRSA:n yleistymistä Suomessa ihmisillä MRSA-tilanne eläimillä tulisi tuntea. On mahdollista, että MRSA on yleistynyt meillä myös muilla tuotantoeläimillä, kuten siipikarjassa ja lihanaudoissa. Puutteellinen tieto MRSA:n todellises- ta esiintymisestä sioilla ja hevosilla haittaa sikaloissa ja hevostalleilla tarvittavien MRSA-hallintatoimien arviointia. Mahdollisuus MRSA:n läikkymiseen sioista muihin eläimiin^{1,16,24,28} ja luontoon⁷⁹ tulisi huomioida bioturvallisuustoimissa. Myös aikaisempaa vastustuskysiempien kantojen, kuten sioissa vuonna 2019 Euroopassa todetun linetsolidi-resistentin MRSA:n,¹⁸ yleistymisen on huolestuttavaa.

Tähänastiset toimenpiteemme MRSA:n torjunnassa eivät ole olleet riittäviä estämään tartuntojen yleistymistä eläimillä ja ihmisillä. Jos eläinperäiset MRSA-tartunnat lisääntyvät Suomessa ihmisillä, hallintatoimien kustannus voitaisiin perustella säästöillä, joita kansanterveyden ylläpidossa saavutetaan.

LÄHDEVIITTEET

1. Crespo-Piazuelo D, Lawlor PG. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) prevalence in humans in close contact with animals and measures to reduce on-farm colonisation. *Ir Vet J*. 2021;74:21.
2. Park S, Ronholm J. *Staphylococcus aureus* in agriculture: Lessons in evolution from a multispecies pathogen. *Clin Microbiol Rev*. 2021;34:e00182-20.
3. Chen C-Y, Chen W-C, Lai C-C. Anti-MRSA cephalosporin versus vancomycin-based treatment for acute bacterial skin and skin structure infection: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Antibiotics* 2021;10:1020.
4. Stenehjem E, Rimland D. MRSA nasal colonization burden and risk of MRSA infection. *Am J Infect Control* 2013;41:405-10.
5. Kinross P, Petersen A, Skov R. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) among human MRSA isolates, European Union/European Economic Area countries, 2013. *Euro Surveill*. 2017;22:16-00696.
6. Lewis HC, Molbak K, Reese C. Pigs as source of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 infections in humans, Denmark. *Emerg Infect Dis J*. 2008;14:1383.
7. Cuny C, Wieler LH, Witte W. Livestock-associated MRSA: The impact on humans. *Antibiotics* 2015;4:521-43.
8. Salmenlinna S, Raulo S, Lindholm L. MRSA CC398 ihmisillä: Tulisiko zoonoottisen mikrobilääkeresistenssin leviäminen estää? *Lääkärilehti* 2021;35:46-52.
9. Aubry-Damon H, Grenet K, Sall-Ndiaye P. Antimicrobial resistance in commensal flora of pig farmers. *Emerg Infect Dis*. 2004;10:873-9.
10. Voss A, Loeffen F, Bakker J. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pig farming. *Emerg Infect Dis*. 2005;11:1965-6.
11. Salmenlinna S, Lyytikäinen O, Vainio A. Human cases of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398, Finland. *Emerg Infect Dis*. 2010;16:1626-9.
12. Hartmann FA, Trostle SS, Klohn AA. Isolation of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from a postoperative wound infection in a horse. *J Am Vet Med Assoc*. 1997;211:590-2.
13. Dong Q, Liu Y, Li W. Cross-species transmission risk of livestock-associated MRSA: A systematic review and Bayesian meta-analysis of global data. *Prev Vet Med*. 2021;194:105429.
14. EFSA. Analysis of the baseline survey on the prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in holdings with breeding pigs, in the EU, 2008, Part A: MRSA prevalence estimates; on request from the European Commission. *EFSA J*. 2009;7:1376, 20-39.
15. EFSA, ECDC, 2022. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2019–2020. *EFSA J*. 2022;20:7209, 197.
16. Hansen JE, Ronco T, Stegger M. LA-MRSA CC398 in dairy cattle and veal calf farms indicates spillover from pig production. *Front Microbiol*. 2019;10:2733.
17. Price LB, Stegger M, Hasman H. *Staphylococcus aureus* CC398: host adaptation and emergence of methicillin resistance in livestock. *mBio* 2012;3:e00305-11.
18. EFSA, ECDC, 2021. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2018/2019. *EFSA J*. 2021;19:6490, 117-33.
19. Mulders MN, Haenen APJ, Geenen PL. Prevalence of livestock-associated MRSA in broiler flocks and risk factors for slaughterhouse personnel in The Netherlands. *Epidemiol Infect*. 2010;138:743–55.
20. Vossenkuhl B, Brandt J, Fetsch A. Comparison of spa types, SCCmec types and antimicrobial resistance profiles of MRSA isolated from turkeys at farm, slaughter and from retail meat indicates transmission along the production chain. *PLoS One* 2014;9:e96308.
21. Graveland H, Wagenaar JA, Heesterbeek J. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in veal calf farming: human MRSA carriage related with animal antimicrobial usage and farm hygiene. *PLoS One* 2010;5:e10990.
22. EFSA, ECDC, 2020. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2017/2018. *EFSA J*. 2020;18:6007, 66.
23. Korsgaard HB, Ellis-Iversen J. Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. *DANMAP 2019, 2020:80,131-5*.
24. Hansen JE, Larsen AR, Skov RL. Livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* is widespread in farmed mink (*Neovison vison*). *Vet Microbiol*. 2017;207:44-9.
25. Fertner M, Pedersen K, Jensen. Within-farm prevalence and environmental distribution of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in farmed mink (*Neovison vison*). *Vet Microbiol*. 2019;231:80-6.
26. Larsen AR, Petersen A, Larsen J. LA-MRSA CC398 in animals and humans. Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. *DANMAP, 2018*. 2019:151-2.
27. Parisi A, Caruso M, Normanno G. High occurrence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses at slaughterhouses compared with those for recreational activities: A professional and food safety concern? *Foodborne Pathog Dis*. 2017;14:735-41.
28. Islam MZ, Espinosa-Gongora C, Damborg P. Horses in Denmark are a reservoir of diverse clones of methicillin-resistant and -susceptible *Staphylococcus aureus*. *Front Microbiol*. 2017;8:543.
29. van Duijkeren E, Moleman M, Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM. J. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in horses and horse personnel: An investigation of several outbreaks. *Vet Microbiol*. 2010;141:96-102.
30. Cuny C, Abdelbary MMH, Köck R. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from infections in horses in Germany are frequent colonizers of veterinarians but rare among MRSA from infections in humans. *One Health* 2016;2:11-7.
31. Bortolami A, Williams NJ, McGowan C. Environmental surveillance identifies multiple introductions of MRSA CC398 in an equine veterinary hospital in the UK, 2011–2016. *Sci Rep*. 2017;7:5499.
32. Bergström K, Nyman G, Widgren S. Infection prevention and control interventions in the first outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections in an equine hospital in Sweden. *Acta Vet Scand*. 2012;54:14.
33. van den Broek IV, van Cleef BA, Haenen A. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in people living and working in pig farms. *Epidemiol Infect*. 2009;137:700-8.
34. van Cleef BA, van Benthem BHB, Verkade EJM. Dynamics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* carriage in pig farmers: A prospective cohort study. *Clin Microbiol Infect*. 2014;20:764-71.
35. Dahms C, Hübner N-O, Cuny C. Occurrence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in farm workers and the livestock environment in Mecklenburg-Western Pomerania, Germany. *Acta Vet Scand*. 2014;21:53.
36. Cuny C, Nathaus R, Layer F. Nasal colonization of human with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) CC398 with and without exposure to pigs. *PLoS*

- One 2009;4:e6800.
37. Köck R, Loth B, Mahir Köksal M. Persistence of nasal colonization with livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pig farmers after holidays from pig exposure. *Appl Environ Microbiol*. 2012;78:4046-7.
 38. Angen Ø, Feld L, Larsen J. Transmission of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to human volunteers visiting a swine farm. *Appl Environ Microbiol*. 2017;83:e01489-17.
 39. Bos M, Verstappen KM, van Cleef B. Transmission through air as a possible route of exposure for MRSA. *J Exp Sci Environ Epidemiol*. 2016;26:263-9.
 40. Ivbule M, Edvins M, Liene Č. Presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in slaughterhouse environment, pigs, carcasses, and workers. *J Vet Res*. 2017;61:267-77.
 41. van Cleef BA, Broens EM, Voss A. High prevalence of nasal MRSA carriage in slaughterhouse workers in contact with live pigs in the Netherlands. *Epidemiol Infect*. 2010;138:756-63.
 42. van Cleef BA, van Benthem BH, Verkade EJ. Livestock-associated MRSA in household members of pig farmers: transmission and dynamics of carriage, a prospective cohort study. *PLoS One* 2015;10:e0127190.
 43. Anker JCH, Koch A, Ethelberg S. Distance to pig farms as risk factor for community-onset livestock-associated MRSA CC398 infection in livestock-associated persons without known contact to pig farms—A nationwide study. *Zoonoses Publ Health* 2018;65:352-60.
 44. Sergelidis D, Angelidis AS. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: A controversial food-borne pathogen. *Lett Appl Microbiol*. 2017;64:409-18.
 45. Wendlandt S, Schwarz S, Silley P. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a food-borne pathogen? *Annu Rev Food Sci Technol*. 2013;4:117-39.
 46. van Duijkeren E, Ten Horn L, Wagenaar JA. Suspected horse-to-human transmission of MRSA ST398. *Emerg Infect Dis*. 2011;17:1137-9.
 47. Garcia-Graells C, Antoine J, Larsen J. Livestock veterinarians at high risk of acquiring methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398. *Epidemiol Infect*. 2012;140:383-9.
 48. Taus K, Schmoll F, El-Khatib Z. Occupational swine exposure and hepatitis E virus, *Leptospira*, *Ascaris suum* seropositivity and MRSA colonization in Austrian veterinarians, 2017-2018—A cross-sectional study. *Zoonoses Publ Health* 2019;66:842-51.
 49. Terveyden ja hyvinvoinnin laitokset. Tartuntataudit Suomessa 2020. *THL* 2021:52-54.
 50. Nykäsenoja S, Salminen A, Myllyniemi A-L. Metisilliini-resistentti *Staphylococcus aureus* (MRSA) kotieläimillä ja sen merkitys eläinten ja ihmisten välisiin tartuntoihin. *Maa- ja metsätalousministeriö* 2015;7:7-11.
 51. Verkola M, Pietola E, Järvinen A. Low prevalence of zoonotic multidrug-resistant bacteria in veterinarians in a country with prudent use of antimicrobials in animals. *Zoonoses Publ Health* 2019;66:667-78.
 52. Nuotio L, Myllyniemi A-M, Nykäsenoja S. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2007-2009. *Evira* 2011;1:52.
 53. Nykäsenoja S, Pekkanen K. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2010-2012. *Evira* 2015;2:40-47.
 54. Nykäsenoja S, Pohjanvirta T, Biström M. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2016-2017. *Evira* 2018;5:29-37.
 55. Agersø Y, Seyfarth AM, Petersen A. Livestock associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA). Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. *DANMAP 2012* 2013:101-2.
 56. Nykäsenoja S, Olkkola S, Pohjanvirta T. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2021. Finnish Food Authority 2022;6:30.
 57. Heikinheimo A, Johler S, Karvonen L. New dominant spa type t2741 in livestock-associated MRSA (CC398-MRSA-V) in Finnish fattening pigs at slaughter. *Antimicrob Resist Infect Control* 2016;5:6.
 58. Nykäsenoja S, Olkkola S, Pohjanvirta T. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2019. Finnish Food Authority 2020;5:31.
 59. Nykäsenoja S, Olkkola S, Pohjanvirta T. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2020. Finnish Food Authority 2021;6:37-8.
 60. Gindonis V, Taponen S, Myllyniemi AL. Occurrence and characterization of methicillin-resistant staphylococci from bovine mastitis milk samples in Finland. *Acta Vet Scand*. 2013;55:61.
 61. Nykäsenoja S, Pohjanvirta T, Olkkola S. Finnish veterinary antimicrobial resistance monitoring and consumption of antimicrobial agents. *FINRES-Vet* 2013-2015. *Evira* 2017;5:35-44.
 62. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Eläintaudit Suomessa 2009. *Evira* 2010;8:10.
 63. Pirollo M, Sieber RN, Moodley A. Local and transboundary transmissions of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* sequence type 398 through pig trading. *Appl Environ Microbiol*. 2020;86:e00430-20.
 64. Pekkanen K, Laine T. Afrikalaisen sikaruton mahdollisia maahantuloiteitä - riskiprofiilin päivitys 2017. *Eviran tutkimuksia* 4/2011, päivitetty 2017.
 65. Grontvedt CA, Elstrøm P, Stegger M. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 in humans and pigs in Norway: A "One Health" perspective on introduction and transmission. *Clin Inf Dis*. 2016;63:1431-8.
 66. Alt K, Fetsch A, Schroeter A. Factors associated with the occurrence of MRSA CC398 in herds of fattening pigs in Germany. *BMC Vet Res*. 2011;7:69.
 67. orensen AIV, Jensen VF, Boklund A. Risk factors for the occurrence of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) in Danish pig herds. *Prev Vet Med*. 2018;159:22-9.
 68. Sorensen AIV, Rosendal T, Widgren S. Mechanistic modelling of interventions against spread of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) within a Danish farrow-to-finish pig herd. *PLoS One* 2018;13:e0200563.
 69. Espinosa-Gongora C, Broens EM, Moodley A. Transmission of MRSA CC398 strains between pig farms related by trade of animals. *Vet Rec*. 2012;170:564.
 70. Sieber RN, Skov RL, Nielsen J. Drivers and dynamics of methicillin-resistant livestock-associated *Staphylococcus aureus* CC398 in pigs and humans in Denmark. *mBio* 2018;9:e02142-18.
 71. Salminen A, Lindholm L, Raulo S. Zoonoottinen MRSA: torjunta sikatiloilla työskentelevillä. *Loppuraportti, THL Työpöytä* 2019;28.
 72. Schulz J, Boklund A, Toft N. Effects of control measures on the spread of LA-MRSA among Danish pig herds between 2006 and 2015 – a simulation study. *Sci Rep*. 2019;9:691.
 73. Schulz J, Anika Friese A, Sylvia Klees S. Longitudinal study of the contamination of air and of soil surfaces in the vicinity of pig barns by livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Appl Environ Microbiol*. 2012;78:5666-71.
 74. Angen Ø, Nielsen MW, Løfstrøm P. Airborne spread of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* from a swine farm. *Front Vet Sci*. 2021;8:644-729.
 75. Ferguson DD, Smith TC, Hanson BM. Detection of airborne methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* inside and downwind of a swine building, and in animal feed: Potential occupational, animal health, and environmental implications. *J Agromed*. 2016;21:149-53.
 76. Stelder JJ, Kjaer LJ, Jensen LB. MRSA survival on house flies (*Musca domestica*) and stable flies (*Stomoxys calcitrans*) after removal from a Danish pig farm. *Sci Rep*. 2021;11:3527.
 77. Casey JA, Curriero FC, Cosgrove SE. High-density livestock operations, crop field application of manure, and risk of community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in Pennsylvania. *J Am Med Assoc Internat Med*. 2013;173:1980-90.
 78. Astrup LB, Hansen JE, Pedersen K. Occurrence and survival of livestock-associated MRSA in pig manure and on agriculture fields. *Antibiotics* 2021;10:448.
 79. ilva V, Capelo JL, Igrejas G. Molecular epidemiology of *Staphylococcus aureus* lineages in wild animals in Europe: A review. *Antibiotics* 2020;9:122.
 80. Dierikx CM, Hengeveld PD, Veldman KT. Ten years later: still a high prevalence of MRSA in slaughter pigs despite a significant reduction in antimicrobial usage in pigs in the Netherlands. *J Antimicrob Chemother*. 2016;71:2414-8.
 81. Cavaco L, Hasman H, Aarestrup F. Zinc resistance of *Staphylococcus aureus* of animal origin is strongly associated with methicillin-resistance. *Vet Microbiol*. 2011;150:344-8.
 82. Jensen J, Kyvsgaard NC, Battisti A. Environmental and public health related risk of veterinary zinc in pig production - Using Denmark as an example. *Environ Internat*. 2018;114:181-90.
 83. Schollenbruch H, Kobusch I, Schröter I. Pilot study on alteration of LA-MRSA status of pigs during fattening period on straw bedding by two types of cleaning. *Antibiotics* 2021;10:521.
 84. Hippolis, Suomen Hippo ry, Suomen Ratsastajainliitto ry, Luke Hevostalous [kotisivu internetissä]. Hevostalous lukuina 2020. <https://www.hippos.fi/uploads/sites/1/2021/09/3677abd-hevostalous-lukuina-2020.pdf>
 85. Ericsson Unnerstad H, Wahlström H, Molander B. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* not detected in Swedish nucleus and multiplying pig herds. *Infect Ecol Epidemiol*. 2017;7:1313068.
 86. Gård&Djurhalsan [kotisivu internetissä]. Bra skydd för personal och besökare vid bekräftad eller misstänkt LA-MRSA i besätningen. <https://www.gardochdjurhalsan.se/om-gris-mrsa-for-djuragare/>
 87. Højgård S, Aspevall O, Bengtsson B. Preventing introduction of livestock associated MRSA in a pig population – benefits, costs, and knowledge gaps from the Swedish perspective. *PLoS One* 2015;10:e0122875.
 88. Olsen JV, Calvo Artavia FF, Sandøe P. Modeling the cost of eradicating livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in countries with a high proportion of positive herds. *Prev Vet Med*. 2018;158:97-105.
 89. Danish Minister of Food and Environment. Action plan for controlling livestock-associated MRSA (LA MRSA CC398), huhtikuu 2015.
 90. Hansen JE, Stegger M, Pedersen K. Spread of LA-MRSA CC398 in Danish mink (*Neovison vison*) and mink farm workers. *Vet Microbiol*. 2020;245:108705.
 91. Ruokavirasto. Suojaa työtekijöitä ja tuotantoeläimiä MRSA-bakteerilla. Tietopaketti tuottajille ja eläinlääkäreille. Ruokavirasto 2023. <https://ruokavirasto.fi/>
 92. Työterveyslaitos [kotisivu internetissä]. Suojautuminen pölyltä ja mikrobeilta sikalassa ja sikoja käsiteltäessä. Riskienhallinnan malliratkaisut, Työterveyslaitos. 2019. <https://www.ttl.fi/>

93. Helsingin yliopisto, Eläinlääketieteellinen tiedekunta [kotisivu internetissä]. MRSA-infektiötyöstä tehostaa torjuntatoimia Hevossairaalaissa. [Verkkosivu uutinen 6.8.2019]. <https://www2.helsinki.fi/fi/uutiset/elamantieteet/mrsa-infektiötyöstä-tehostaa-torjuntatoimia-hevossairaalaissa>
94. Nadimpalli ML, Stewart JR, Pierce E. Face mask use and persistence of livestock-associated *Staphylococcus aureus* nasal carriage among industrial hog operation workers and household contacts, USA. *Environ Health Perspect.* 2018;126:127005.
95. Angen Ø, Larsen J, Larsen AR. MRSA contamination of human volunteers after short time visit in MRSA positive pig farms. Use of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from food animals, food and humans in Denmark. *DANMAP 2017.* 2018:79-80.
96. Verkola M, Järvelä T, Järvinen A. Infection prevention and control practices of ambulatory veterinarians: A questionnaire study in Finland. *Vet Med Sci.* 2021;7:1059-70.
97. Työturvallisuuslaki 738/2002.
98. Sali V. Biosecurity and antimicrobial use in pig production. Helsingin yliopisto [Lisensiaattityö], 2020.
99. Yun J, Muurinen J, Nykäsenoja S. Antimicrobial use, biosecurity, herd characteristics, and antimicrobial resistance in indicator *Escherichia coli* in ten Finnish pig farms. *Prev Vet Med.* 2021;193:105408.

Lähdeluettelo on luettavissa kokonaan verkossa www.sell.fi, katso Eläinlääkärilehti → Aiemmin julkaistua avointa → Verkkoaineistoa paperilehteen.

KIITOKSET

Kiitos tausta-aineiston hankinnasta **Suvi Nykäsenojalle** (Ruokavirasto) ja **Marie Verkolalle**, joka teki MRSA:han liittyvää väitöskirjaa Helsingin yliopistossa.

KIRJOITTAJIEN YHTEYSTIEDOT

Saara Raulo, ELT, Tarttuvien eläintautien erikoiseläinlääkäri, zoonosikesukuksen johtaja
Ruokavirasto, Mustialankatu 3,
00790 Helsinki
saara.raulo@ruokavirasto.fi

Thomas Grönthal, ELT, vierailuva tutkija
Helsingin yliopiston eläinlääketieteellisessä tiedekunnassa, erikoistutkija
Ruokavirasto

Erja Mäkelä, FL, vanhempi asiantuntija
Työterveyslaitos

Saara Salmenlinna, FT, johtava asiantuntija
Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos

Eläinlääkärilehden vertaisarvioitujen artikkelien julkaisusta joku on Helsingin yliopistosta, julkaistaan avoimesti Helsingin yliopiston kirjaston tietokannoissa alkaen vuodesta 2016. Keväällä 2022 niiden lisenssiksi valittiin CC-BY.