

Terhi Ali-Vehmas, Anna-Maria Moisander, Hanna Soini

Yleiskatsaus mykobakterioosien esiintymisestä ja Suomen tilanteesta

Mycobacteriosis – A review and survey in Finland

YHTEENVETO

Mykobakteereita tunnetaan yli 90 lajia, joista suurin osa on mahdollisia patogeeneja. Useiden mykobakteerilajien taudinaiheuttamiskyky on vielä selvittämättä.

*Mykobakteerien esiintyminen ihmisten ja eläinten ympäristössä on terveysriski. Ympäristön mykobakteerien aiheuttamat tartunnat ovat lisääntyneet myös teollistuneissa maissa. Suomessa uusia tartuntoja ihmisistä eristetään vuosittain noin yksi 10 000 asukasta kohden. Eläimiltä mykobakteriooseja löydetään eniten maassamme sioista (esiintyvyys 0,34 %). Sekä ihmisistä että eläimistä Suomessa löydettyistä mykobakteereista *M. avium* -kompleksin bakteerit ovat yleisimpiä.*

Ympäristön mykobakteerit voivat lisääntyä maaperässä ja vesissä. Taudin aiheuttamiseen tarvittavia bakteerimääriä ei tunneta, mutta infektiolle herkimpiä ovat ihmiset ja eläimet, joiden immuunipuolustus on alentunut. Ympäristön mykobakteerit ovat usein luonnostaan resistenttejä monille tuberkuloosihoidon tavallisesti käytetyille lääkeaineille. Lääkeaineille vastustuskykyiset mykobakteerit voivat aiheuttaa terveysriskin myös ennestään terveille aikuisille.

Ympäristön mykobakteerien tartuntalähteet tunnetaan huonosti. Tulevaisuuden haasteena on kehittää mykobakteereille DNA-sormenjälkitekniikoita, joilla on mahdollista tunnistaa bakteerilajit, -kannat ja -määrät ympäristönäytteistä. Näin ihmisten ja eläinten tartuntariskejä voidaan selvittää ja vähentää.

Tämä yleiskatsaus kuvaa ihmisten ja eläinten mykobakterioosien esiintymistä sekä niiden merkitystä Suomessa.

SUMMARY

More than 90 species of mycobacteria are validly described, and most of them are opportunistic pathogens. Thirty-five out of the 86 species of environmental mycobacteria are classified to Hazard group 2 or 3 in the European Union classification, and the Hazard status of 12 species is uncertain.

*All mycobacteria cause risk for human and animal health. Infections due to environmental mycobacteria are increasing in both industrial and developing countries. The infection rate of environmental mycobacteria in humans is approximately 1/ 10 000 (incidence 0.01%) per year in Finland. The majority of animal mycobacteriosis are found in pigs, prevalence approximately 0.34% in Finland. Members of the *M. avium*- complex (MAC) are the predominant species both in human and animal cases.*

Nontuberculous mycobacteria may increase in soil and water. The minimum infective dose of environmental mycobacteria is not known, but the most susceptible risk groups are youth, seniors and people or animals with immunosuppressive conditions. Drug therapy of mycobacteriosis is difficult and not always successful. Nontuberculous mycobacteria are usually resistant to isoniazid and rifampin, the 2 most important agents for the treatment of tuberculosis. Infections caused by drug-resistant mycobacteria can be life-threatening also for healthy adults and thus they are a relevant risk for humans.

The epidemiology of environmental mycobacteria is poorly investigated. Effective methods for identification genetic profiling, and rapid real-time quantification of environmental mycobacteria are needed for tracing environmental reservoirs of human and animal mycobacteriosis and risk assessment.

Mycobacteria recovered from clinical, veterinary and environmental sources as well as their importance in Finland are discussed in this paper.

MYKOBAKTEERISUKU

Mykobakteerit ovat infektoineet ihmisiä niin pitkään kuin on tietoa ihmisten olemassaolosta. Mykobakteerien aiheuttamia luumuutoksia on löydetty muun muassa Egyptin muumioista sekä esihistoriallisista ihmisten luista. Eläimiä mykobakteerit ovat tartuttaneet luultavasti jo paljon ennen ihmisten olemassaoloa. Tällä hetkellä tuberkuloosiin kuolee noin kaksi miljoonaa ihmistä vuodessa, mykobakteerien tartuttamia eläimiä tuhotaan yli satatuhatta vuosittain.

Mycobacterium-sukuun kuuluu nykyisin yli 90 tunnettua lajia tai alalajia. Koko suvun tyypikannan, *Mycobacterium tuberculosis*-bakteerin, on ensimmäisen kerran kuvannut Robert Koch vuonna 1882. *Mycobacterium tuberculosis*-bakteerille erittäin läheiset patogeeniset sukulaiset luetaan nykyään *Mycobacterium tuberculosis*-kompleksiin. Tähän kompleksiin kuuluvat *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *M. microti*, *M. canetti* ja *M. africanum*. *M. tuberculosis* ja *M. bovis* ovat saman bakteerikannan eri muunnelmia – niiden perimäaines on lähes identtinen. Myös *M. leprae* on patogeeni laji, mutta se on vielä niin huonosti tunnettu, että sen taksonomista sijaintia ei ole pystytty tarkasti määrittämään. Muita selvästi patogeeneja lajeja ovat *M. avium* subspecies *paratuberculosis* ja *M. avium*-kompleksin mykobakteerit, muun muassa *M. avium* ja *M. intracellulare*. Muut ympäristöstä peräisin olevat mykobakteerit aiheuttavat mahdollisesti tautia, mutta ne eivät todennäköisesti tartu helposti ihmisestä tai eläimestä toiseen. Mykobakteerit säilyvät hyvin ympäristössä ja ne kestävät useita desinfektioaineita, mutta kuumuutta yleensä huonosti. Mykobakterioosi tarttuu helpoimmin aerosoleista hengitysilman mukana, mutta tartunta voidaan saada myös muiden limakalvojen, ruuansulatuskanavan tai ihon kautta. Aikaisemmin tartunta pastöroi-

mattomasta maidosta oli tavallinen, mutta maidon pastöroinnin myötä tämä tartuntareitti on käytännöllisesti katsoen hävinnyt. Herkimpiä infektiolle ovat nuoret, vanhat ja ne, joiden immuunipuolustus on heikentynyt. Mykobakterioosi voi taudin edetessä levitä kaikkiin elimiin. Useimmiten mykobakterioosissa on tuberkuloottisia muutoksia ensin keuhkoissa. Paratuberkuloosi on ensisijaisesti suolistotauti.

M. tuberculosis

M. tuberculosis-bakteerin aiheuttama tauti on mahdollisesti ollut alkuaan vain ihmisen sairaus, mutta myös muut kädelliset, norsut, eräät linnut, marsut, kissat ja koirat voivat saada *M. tuberculosis*-bakteerin aiheuttaman avoimen keuhkotuberkuloosin. Avoin tuberkuloosi on vaarallinen infektiolähde ihmiselle ja muille eläimille. Naudalla, hevosella ja sialla *M. tuberculosis* yleensä pysähtyy primaarikompleksiin, jossa on vain imusolmukemuutoksia.

Nykyään monissa teollisuusmaissa *M. tuberculosis*-bakteerin aiheuttaman taudin esiintyvyys on vähäistä, mutta mykobakteeritartuntojen on ennustettu kääntyvän nousuun myös länsimaissa, koska tuberkuloosia esiintyy jo melko runsaasti antibiooteille resistenttinä muotona, jonka hoito on hankalaa ja kallista. Suomessa on ollut vuosittain muutama antibiooteille resistentin *M. tuberculosis*-bakteerin aiheuttama infektio. Useimmiten ne ovat olleet tuontitavaraa Venäjältä tai Virosta, mutta myös täällä syntyneitä tapauksia on ollut muutamia.

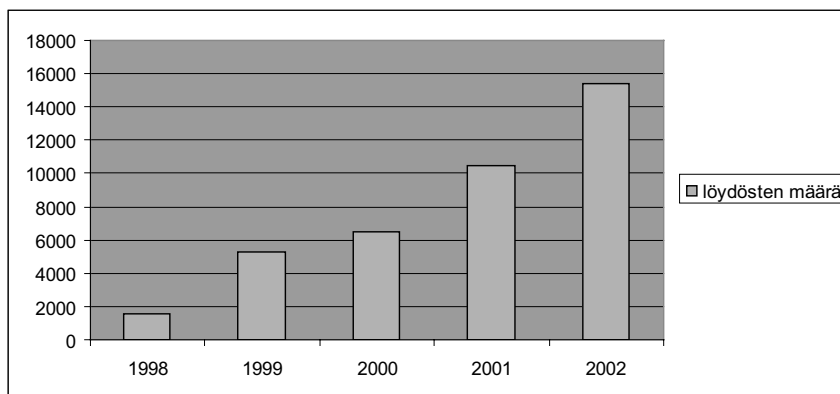
Tuberkuloosia vastaan on rokote, joka on muokattu *M. bovis*-bakteerista ja nimetty ranskalaisten tiedemiesten Calmetten ja Guérinin mukaan (BCG). *M. tuberculosis*-bakteeria vastaan rokotetaan useissa maissa, vaikka rokote suojaa lähinnä vain lapsia taudin vaikeilta muodoilta. Suomessa kaikki lapset

rokotetaan BCG-rokotteella heti syntymän jälkeen. Vuosittain Suomessa löytyy ihmisiltä noin 400 *M. tuberculosis*-infektiota, vuonna 1996 on eläimellä viimeksi todettu *M. tuberculosis*-infektio, joka siirtyi myös koiran omistajaan (Hintikka1998).

M. bovis

Nautatuberkuloosilla tarkoitetaan *M. bovis*-tartuntaa, joka tavallisesti aiheuttaa naudalle vaikean, hitaasti etenevän sairauden. Nautojen lisäksi muun muassa peurat, kissat, kaniit, marsut, koirat ja ihmiset ovat herkkiä tartunnalle. Lammas, vuohi, sika ja hevonen eivät ole niin herkkiä *M. bovis*-tartunnalle kuin nauta. Nautatuberkuloositartuntoja löytyy monissa muissa Euroopan maissa kymmeniätuhansia vuosittain (Manning ja Collins 2001). Pohjoismaissa nautatuberkuloosi on onneksi harvinainen. Suomessa *M. bovis*-sikatartunta on todettu viimeksi 60-luvulla, nautatartunta vuonna 1982. Euroopan komissio on myöntänyt Suomelle nautatuberkuloosia koskevan taudittoman maan aseman.

Nautatuberkuloosin vastustaminen Suomessa aloitettiin vapaaherjojen testauksin noin sata vuotta sitten. Suomen eläinlääkintölainsäädännössä nautatuberkuloosi luetaan vaarallisiin eläintauteihin. Kansainvälinen eläinten terveydenhoitoon keskittynyt järjestö (OIE, Office International des Epizooties, World Organisation for Animal Health, Maailman eläintautijärjestö) luokittelee nautatuberkuloosin niin sanottuihin B-listan tauteihin, joihin kuuluu muun muassa merkittäviä eläimistä ihmisiin tarttuvia tauteja. Suomessa nautatuberkuloosia tutkitaan nykyisin keuhkosiemennyssonnien terveysvalvontaohjelman ja eläinten tuontien sekä vientien yhteydessä. Käytännössä kuitenkin tärkein menetelmä tuberkuloosin vastustamisessa Suomessa on lihan tarkastuksen yhteydessä tehtävä



KUVA 1 FIGURE

Suurin osa eläinten mykobakteriooseista löydetään sioista tyypillisten elinmuutosten perusteella. Näiden esiintyvyys on noin 0,34 % Suomessa (Elintarvikeviraston tilastot 2003).

The majority of animal mycobacteriosis (typical granulomas), are found in pigs (cases/year), prevalence approximately 0.34 % in Finland.

teurastetun eläimen ruhon ja elimien tarkastus. Tämä valvonta on kohdistunut myös teurasporoihin. Myös elävien peurojen myyntiä ja lihantuotantoa harjoittavat peuratarhat tutkitaan säännöllisin väliajoin vuonna 1997 käynnistetyin erillisen terveysvalvontaohjelman mukaisesti (Maa- ja metsätalousministeriö 2001).

M. avium* subspecies *paratuberculosis

M. avium subspecies *paratuberculosis* -bakteeri aiheuttaa paratuberkuloosin (Johnen tauti). Paratuberkuloosi on krooninen suolistotauti, jolle on ominaista hidas eteneminen ja oireettomien tartunnan kantajien yleisyys sairastuneisiin. Ripuliksi kehittynyt tauti johtaa hitaasti eläimen kuihtumiseen ja kuolemaan. *M. avium* subspecies *paratuberculosis* infektoi ensisijaisesti märehtijöitä, mutta sitä on eristetty myös kädellisistä, jäniksistä, karpista ja ketuista. Paratuberkuloosi on usein subkliininen ja sitä todennäköisesti löytyy myös muilta eläinlajeilta. Villieläimet voivat olla mykobakterioosin kantajia. Tuontieläimet muodostavat suuren

tartuntariskin taudin leviämisen kannalta.

Paratuberkuloosi on maailmanlaajuinen sairaus. Suomessa todettiin vuonna 1992 paratuberkuloosia ensimmäisen kerran vuoden 1920 jälkeen tuontinaudasta. Tapaus johdatti seuranta tutkimuksiin, joissa on todettu yksittäisiä vasta-ainepositiivisia näytteitä. Kliinistä paratuberkuloosia on todettu viime vuosina muutamassa liharotuisessa naudassa. Syksyllä 1998 aloitettiin paratuberkuloosin seuranta projekti myös lypsykarjoista (Hintikka ja Seuna 1998). Maailman eläintautijärjestö luokittelee paratuberkuloosin B-listan tauteihin.

***M. Avium* subspecies *avium* ja muut ympäristömykobakteerit**

Ihmisten infektiot

Puhjettuaan mykobakterioosi on usein hyvin samantyyppinen riippumatta siitä, mikä ympäristömykobakteerilaji sen on aiheuttanut. Mykobakteerien välillä on kuitenkin eroa erityisesti niiden kyvyssä tarttua ihmiseen. Kansanterveyslaitoksen tilastojen mukaan vuosittain

löytyvistä ympäristön mykobakteerien aiheuttamista infektioista noin 36 prosenttia on *M. avium* -kompleksin aiheuttamia infektioita. Toinen yleinen ympäristöstä peräisin oleva taudinaiheuttajaryhmä ihmisillä on *M. fortuitum* -kompleksi. Tähän kompleksiin kuuluvat *M. fortuitum*, *M. chelonae* ja *M. abscessus*. Sairaalatilastojen mukaan ympäristön mykobakteerien aiheuttamat infektiot ovat lisääntyneet viime vuosina Suomessa. *M. tuberculosis* -infektioiden väheneminen on saattanut aiheuttaa sen, että vastustuskyky muille mykobakteereille on vähentynyt. Suomalaisten potilaiden näytteistä eristetään vuosittain noin 400 ympäristön mykobakteeria, joista noin sadan katsotaan aiheuttavan potilaalle taudin. Elävät eläimet ja niiden eritteet voivat olla tartunnan lähteenä, mutta ympäristön mykobakteerit lisääntyvät myös vesissä (Torkko ym. 2001, Torkko ym. 2002) ja maaperässä, varsinkin happamissa ympäristöissä, kuten soissa (Iivanainen 1995). Soiden ojitamista pidetään eräänä syynä ympäristön mykobakteeritartuntojen lisääntymiseen, koska mykobakteerien määrät ovat ojitamisen seurauksena lisääntyneet vesistöissä. Ympäristön mykobakteerit ovat yleensä jo luonnostaan resistenttejä monille tuberkuloosihoitoon tavallisesti käytetyille lääkkeille ja lähes aina tuberkuloosilääkkeenä yleisimmin käytetylle isoniatsidille. Ympäristön mykobakteereille ei ole olemassa mitään kansainvälisiä hoitostandardeja eikä myöskään riittävästi tietoja herkkyyssääntelytysten tulosten korrelaatiosta hoitovasteeseen.

Eläinten infektiot

Kaikki linnut ovat herkkiä *M. avium* -bakteerille, myös osa muista infektoituu. Linnuille mykobakterioosia aiheuttaa usein myös *M. genavense*. Lintutuberkuloosi on hitaasti kehittyvä tauti, joka johtaa laihtumiseen ja kuolemaan. Oireita tai elinmuutoksia ei yleensä näy alle vuoden vanhoissa linnuissa.

sa. Vuosittain Suomessa *M. avium*-kompleksin bakteereita on eristetty muutamasta luonnonvaraisesta linnusta, tuontistutseista, naudan ulosteesta, kissoista, koirista tai hevosista. Suomessa löydetään vuosittain tuhansia mykobakteeripaisaita teurastetuista sioista ja löydösten määrät ovat tasaisesti kasvaneet viimeisen viiden vuoden aikana (kuva 1, Elintarvikeviraston tilastot 2003). Viljelyin varmistetuista aiheuttajista suurin osa on *M. avium*-bakteereita. Yleensä *M. avium* pysähtyy sioilla imusolmukkeisiin; mutta noin yhdessä prosentissa tapauksista tauti on levinnyt alueellisista imusolmukkeista muihin elimiin (Seppänen 1999, Seppänen 2001). Koiralla yleistyneen *M. avium*-infektion kehittyminen kliinisen sairauden asteelle kestää ilmeisesti pitkään, mutta kliinisten oireiden ilmettyä tauti etenee nopeasti ja johtaa yleensä kuolemaan. Koirilla on havaittu myös familiaalista taipumusta yleistyneeseen *M. avium*-infektioon (Saari ym. 2001). Suomen eläinlääkintölainsäädännössä ympäristön mykobakteerien aiheuttamat infektiot kuuluvat kuu-kausittain ilmoitettaviin muihin tarttuviin eläintauteihin. Maailman eläintautijärjestö luokittelee lintujen *M. avium*-bakteerin aiheuttaman lintutuberkuloosin B-listan tauteihin kuuluvaksi.

Taudinkuva

Mykobakterioosi on yleensä kroonisesti etenevä. Oireet ovat usein epäspesifisiä, kuten laihtuminen, yskiminen, kuumeilu, ripuli, kiihtuminen ja suurentuneet imusolmukkeet. Hengitystietartunnassa flunssan kaltainen taudinkuva yhdessä kuivan yskän kanssa on tavalinen. Taudin edetessä voi ilmaantua ysköksiä, heikkoutta ja rintakipuja. Mykobakteerit ovat solun sisäisiä loisia, jotka pystyvät lisääntymään helpoimmin aktivoitumattomien makrofagien sisällä. Ne keräävät makrofageja ja muita soluja ympärilleen paiseeksi, joka muis-

tuttaa vierasesineen ympärille kerääntyntä solumassaa. Paisetta ympäröi tiukka ulkokuori ja sisälle muodostuu ontelo, jossa bakteerit lisääntyvät. Muutaman viikon kuluttua makrofagit kuolevat ja paiseeseen muodostuu juustomainen tuberkkelikeskus. Kun tuberkkeli hajoaa, bakteerit pääsevät elimistössä eteenpäin. Kun mykobakterioosi yleistyy, tuberkkeleja voi löytyä kaikkialta elimistössä. Mykobakteerien soluseinän mykolihappo liittyy helposti yhteen muiden lipofiilisten rakenteiden kanssa, minkä on ajateltu vaikuttavan muun muassa siihen, että mykobakteerit kapseloituvat helposti elimistössä. Tämän vuoksi tartunnoille on ominaista jäädä piileviksi elimistöön. Ne voivat vuosien jälkeen aktivoitua uudestaan. Piilevää tuberkuloosia kantava ihminen tai eläin ei tartuta muita, mutta taudin aktivoiduttua uudelleen se on taas helposti tarttuva. Suomessa suuri osa ihmisten *M. tuberculosis*-bakteerin aiheuttamista taudeista on tällaisia vanhojen ihmisten uudelleen puhjenneita tuberkulooseja. Jos elimistö onnistuu pääsemään eroon mykobakteereista, niiden jäljiltä jää paiseista arpikudosta.

DIAGNOSTIIKKA

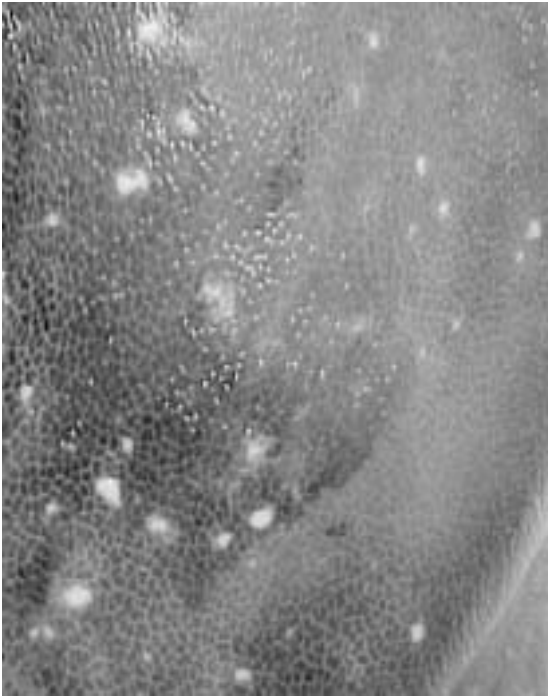
Elinmuutosten ja vasta-aineiden perusteella

Ruumiinavauskuvaa on mykobakterioosia sairastavilla varsin tyypillinen tuberkuloottisten paiseiden takia (kuva 2). Rokottamattomilla, elävillä ihmisillä ja eläimillä mykobakteeritartuntoja voidaan etsiä ruiskuttamalla mykobakteereista eristettyä uutetta ihonsisäisesti. Menetelmän periaate ei eroa toisistaan ihmisillä ja eläimillä tehdyillä testeillä. Villieläimillä vasta-ainetestausta tehdään yleensä silmäluomeen. Soluvälitteinen, turvotusta aiheuttava tulehdusreaktio kieliä aikaisemmasta mykobakteerikontaktista. Elävälle sialle mykobakterioosidignooosi on vaikea tehdä ja sen vuoksi

sialle se tehdäänkin tavallisesti lihan tarkastuksen yhteydessä. Eläimille tehtävällä testillä etsitään tavallisesti *M. bovis* tai eräissä tapauksissa *M. avium* subspecies *paratuberculosis*-tartuntoja nautaeläimistä. *M. avium*-kompleksin bakteerit voivat aiheuttaa tuberkuliinitutkimuksessa virheellisesti positiivisia tuloksia. Erityisesti paratuberkuloosin diagnostiikan ongelmana on kuitenkin se, että infektoituneessa karjassa saattaa olla yksilöitä infektion niin varhaisessa vaiheessa, että eläimet näyttävät kliinisesti terveiltä, niiden vasta-aine tuotanto ei ole alkanut eivätkä ne eritä mykobakteereita ulosteissaan. Kliinisen taudin varmistamiseksi olemassa olevat kokeet toimivat suhteellisen hyvin. Lintutuberkuloosia voidaan tutkia *M. avium*-bakteerista valmistetulla uutella.

Bakteerieristys ja -kasvatus

Mykobakteerien eristämiseksi esimerkiksi eläinten kudoksenäytteistä dekontaminoidaan näytteet yleensä happo- ja emäskäsittelyllä ennen viljelyä. Tästä käsittelystä eivät juuri muut mikrobit selviä homeita lukuun ottamatta. Keuhkotuberkuloosia epäiltäessä bakteereja etsitään yleensä ihmisiltä ysköksistä. Eläimiltä mykobakteerit voidaan eristää joskus myös maidosta ja ulosteista, jos mykobakterioosi on levinnyt elimistöön. Ympäristöstä peräisin olevat mykobakteerit saattavat kasvaa hyvinkin köyhillä alustoilla, mutta monet mykobakteerilajit vaativat rikkaita erikoiselatusaineita (Parish ja Stoker 1998). Lämpötila optimi on tavallisimmilla patogeeneilla 37 °C, useilla ympäristömykobakteereilla 28 °C, mutta *M. avium* kasvaa myös 42 °C:ssa. Useat lajit muodostavat kellertäviä tai oransseja pigmenttejä (kuva 3). Hidaskasvuisten mykobakteerien viljely kestää useita viikkoja. Nopeakasvuiset voivat kasvaa alle kahdessa viikossa. Useimmat ympäristöperäiset lajit ovat nopeakasvui-



KUVA 2 FIGURE

Mykobakteeripaiseita sian maksassa (kuva: Irmeli Sippola).

Mycobacteria lesions in pig liver.



KUVA 3 FIGURE

M. gordonae -bakteeri muodostaa keltaisia pesäkkeitä Middlebrook-agarilla (malja: Hannamari Hintsa, kuvannut Tero Tschokkinen).

M. gordonae on Middlebrook-agar produces carotenoid pigments.

sia. Yleensä patogeenisimmat ovat hidaskasvuismaisia. Nopeakasvuisten ryhmässä tärkein taudinaiheuttajakompleksi on *M. fortuitum*.

Bakteerien suku-, laji- ja kantatunnistus

Mykobakteerien haponkestävyyttä käytetään hyväksi niiden suorassa värjäyksessä. Jos kudoksesta tai imusolmukkeesta otetusta näytteestä löytyy haponkestäviä sauvoja, se viittaa mykobakteeri-infektioon. Kaikki mykobakteerit periaatteessa säilyttävät karbolifukuksiini-väriä alkoholi- ja happokäsittelystä huolimatta, mutta ympäristömykobakteerit, erityisesti nuorina kasvustoina, voivat joskus olla vain osittain haponkestäviä ja värjäytyvät siten epätyypillisesti. Myös eräissä mykobakteereiden sukulaislajeissa (*Rhodococcus*, *Nocardia*) on osittain haponkestäviä lajeja. Mykobakteeri-

en muoto vaihtelee lajien välillä lyhyistä, lähes kokon näköisistä sauvoista pitkiin filamentteihin.

Mykobakteerilajeja voidaan erottaa toisistaan perinteisen mikrobiologian keinoin, jotka perustuvat bakteerien ravinteiden käyttöön tai antibioottisten aineiden sietokykyyn. *M. tuberculosis* -bakteerin koko genomin emäsjärjestys on tiedossa. DNA-pohjaisia tunnistusmenetelmiä on julkaistu useille mykobakteerilajeille. Patogeenisimmille sekä joillekin ympäristön bakteereille on saatavissa myös kaupalliset tunnistuskitit. Suomessa ihmisenäytteistä yritetään tunnistaa kaikki viljelyssä kasvaneet mykobakteerit joko kaupallisilla kiteillä tai sekvensoimalla niiden 16S rDNA-alue tai osa siitä (Patel ym. 2000, Soini ym. 2001).

Mykobakteerien tyypitys (DNA-profiili tai sormenjälki) tehdään

muun muassa siksi, että halutaan selvittää ympäristön mykobakteereiden tartuntareittejä ja infektiolähdettä (Kauppinen ym. 2001) tai jäljitetään tuberkuloosibakteerien leviämistä potilaasta toiseen. Taudin etenemisen ja leviämisen estämiseksi nykyiset diagnostiset menetelmät ovat yleensä liian hitaita. Tulevaisuuden haasteena on kehittää mykobakteereille DNA-sormenjälkitekniikoita, joilla on mahdollista tunnistaa bakteerilajit, -kannat ja -määrät suoraan kliinisistä ja ympäristönäytteistä (Fang ym. 2002).

KIRJALLISUUS

Fang Y., Wu, W.-H., Pepper, J. L., Larsen, J. L., Marras, S. A. E., Nelson, E. A., Epperson, W.B. & Christooopher-Hennings, J. Comparison of real-time, quantitative PCR with molecular beacons to nested PCR and culture methods for detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in bovine fe-

cal samples. J. Clin. Microbiol. 40, 2002: 287–291.

Hintikka, E. L. Tuberkuloosi ja paratuberkuloosi. Ajankohtaista EELasta 3, 1998: 9.

Hintikka, E. L. & Seuna, E. Paratuberkuloosi Yleiskatsaus ja tilanne Suomessa. Suom. Eläinlääkäril. 104, 1998: 12–16.

Iivanainen, E. Isolation of mycobacteria from acidic forest soil samples: comparison of culture methods. J. App. Bact. 78, 1995: 663–668.

Kauppinen, J., Hintikka, E.-L., Iivanainen, E. & Katila, M.-L. PCR-based typing of Mycobacterium avium isolates in an epidemic among farmed lesser white-fronted geese (Anser erythropus). Vet. Microbiol. 81, 2001: 41–50.

Maa- ja metsätalousministeriö. Zoonoosit Suomessa 1995–1999. Eläinlääkintä- ja elintarvikeosaston julkaisua 8/2000, 2001: 79 s.

Manning, E. J. B. & Collins, M. T. Mycobacterial infections in domestic and wild animals. Scientific and Technical Review, Vol. 20 (1), Office International des Epizooties, 2001. 352 s.

Parish, T. & Stoker, N. G. Mycobacteria protocols. Humana Press, Totowa, New Jersey. 1998. 472 s.

Patel, J. B., Leonard, D. G. B., Pan, X., Musser,

J. M., Berman, R. E. & Nachamkin, I. Sequence-based identification of Mycobacterium species using the MicroSeq 500 16S rDNA bacterial identification system. J. Clin. Microbiol. 38, 2000: 246–251.

Saari, S., Koljonen, M., Katila, M. L., Syrjälä, P. & Seppänen J. Yleistynyt Mycobacterium avium-intracellulare-infektio kääpiösnautserilla – Esimerkki koiran perinnöllisestä alttudesta infektioitaudeille? Suom. Eläinlääkäril. 107, 2001: 7–13.

Seppänen J. Sian mykobakteerit. Eläinlääkäripäivien luentokokielma. Kirjapaino OY Kaleva, Oulu 1999. s. 159–161.

Seppänen J. Eläinten mykobakteeritutkimukset Suomessa. Eläinlääkäripäivien luentokokielma. Kirjapaino OY Kaleva, Oulu 2001. s. 137–138.

Soini, H. & Musser, J. M. Molecular diagnosis of mycobacteria (Review article). Clin. Chem. 47, 2001: 809–814.

Torkko, P., Suomalainen, S., Iivanainen, E., Suutari, M., Paulin, L., Rudbäck, E., Tortoli, E., Vincent, V., Mattila, R. & Katila M.-L. Characterization of Mycobacterium bohemicum isolated from human, veterinary, and environmental sources. J. Clin. Microbiol. 39, 2001: 207–211.

Torkko, P., Suomalainen, S., Iivanainen, E., Tortoli, E., Suutari, M., Seppänen, J., Paulin, L. & Katila M.-L. Mycobacterium palustre sp. nov., a potentially pathogenic, slowly grow-

ing mycobacterium isolated from clinical and veterinary specimens and from Finnish stream waters. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 52, 2002: 1519–1525.

KIRJOITTAJIEN OSOITE

*Terbi Ali-Vehmas, FT
dosentti, yliopistonlehtori
Helsingin yliopisto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Peruseläinlääketieteen laitos
Mikrobiologia
Hämeentie 57, PL 57
00014 Helsingin yliopisto
pub. 050 543 9756
terbi.alivehmas@helsinki.fi*

*Anna-Maria Moisander, ELK
Helsingin yliopisto
Eläinlääketieteellinen tiedekunta
Peruseläinlääketieteen laitos
Mikrobiologia*

*Hanna Soini, FT
dosentti, laboratorion johtaja
Kansanterveyslaitos
Mykobakteerilaboratorio*