

# He elivät ruttoisina aikoina – lääketieteen keinot tunnistaa tauteja arkeologisista luista

Heikki S. Vuorinen

Keskustelu luuaineistojen käytöstä väestöjen tautisuuden tutkimisessa käynnistyi tosissaan, kun Wood työtovereineen artikkelissaan vuonna 1992 kuvasivat ns. osteologisen paradoksin (Wood *et al.* 1992). Wood tutkijatovereineen väitti, että paradoksaalisesti pystymme kyllä tunnistamaan erilaisia tauteja ja vammoja arkeologisista luista, mutta emme niiden perusteella voi sanoa juuri mitään muinoin eläneiden väestöjen terveydentilasta.

Umpikujalta näyttävään tilanteeseen pyrittiin löytämään ratkaisuja. Tällöin tutkijat turvautuivat luonnontieteiden ja lääketieteen kehittämiin uusiin tutkimusmenetelmiin. Erittäin DNA:n tutkimiseksi käytetyt menetelmät (polymeraasiketjureaktio, PCR) nostettiin ratkaisuksi myös osteologiseen paradoksiin.

Olen äskettäin kirjoittanut useita yleisluontoisia esityksiä tautien tunnistamisesta arkeologisista luista (Vuorinen 1997; 2002; 2003). Nämä julkaisuni sisältävät myös runsaasti lähdeviitteitä, jotka auttavat kiinnostunutta lukijaa eteenpäin. Tässä kirjoituksesani keskitynkkin kahteen uuteen menetelmään (tai menetelmäjoukkoon), joita on viime vuosina lisääntyvästi käytetty arkeologisten luiden tutkimisessa: molekyylibiologia (DNA) ja kuvantamismenetelmät (tietokonetomografia, magneettikuvaus). Pyrin antamaan lukijalleni kuvan siitä, mitä nämä menetelmät antavat tautien ja vammojen historiasta kiinnostuneille.

## DNA-tutkimukset

DNA-tutkimuksia on käytetty muinaisten taudinaiheuttajien tunnistamiseksi noin kymmenen vuoden ajan. Varhaisimpia muinaisen taudinaiheuttajan DNA:n tunnistuksia tehtiin, kun tuhat vuotta sitten nykyisen Chilen alueella 12 vuotiaana kuolleen tytön rintanikamasta tunnistettiin tuberkuloosin taudinaiheuttaja, *Mycobacterium tuberculosis* (Arriaza *et al.* 1995). Tämän jälkeen on tunnistettu useiden muiden taudinaiheuttajien DNA:ta arkeologisista aineistoista (pääasiassa luista): mm. lepran aiheuttaja *M. leprae*, malariaa aiheuttava alkueläin (*Plasmodium*) ja ruton aiheuttaja *Yersinia pestis*. Tällä hetkellä on syntymässä uusi tieteenala ”molekyyli-paleoepidemiologia” (Zink *et al.* 2002).

Mykobakteerien (mm. *Mycobacterium tuberculosis*, *bovis* ja *leprae*) rakenne näyttää suosivan sitä, että niiden DNA kestää muita taudinaiheuttajia paremmin pitkiä aikoja ja säilyy tunnistettavissa arkeologisissa luissa ja muissa ihmisten jäänteissä (Zink *et al.* 2002). Valtaosa viimeisen vuosikymmenen aikana suoritetuista muinaisten taudinaiheuttajien DNA-tutkimuksista koskeekin juuri mykobakteereita ja erityisesti tuberkuloosin taudinaiheuttajia (ns. tuberkuloosikompleksi). Ainoastaan tuberkuloosin kohdalla voidaan puhua niin suurten arkeologisten aineistojen tutkimisesta, että voidaan vetää johtopäätöksiä taudinaiheuttajan yleisyydestä väestötasolla (Zink *et al.*

2001).

Muita taudinaiheuttajia on toistaiseksi tunnistettu yksittäisistä suhteellisen pienistä aineistoista, joten DNA-tutkimuksista ei voi vetää johtopäätöksiä tautien esiintyvyydestä kokonaisissa väestöissä. Pienestäkin aineistosta tunnistettu taudinaiheuttajan DNA on silti usein hyödyllinen vahvistus muilla menetelmillä hankitulle tiedolle. Niinpä esimerkiksi Robert Sallares viittaa lyhyesti suoritettuihin DNA-tutkimuksiin äskettäisessä perusteellisessa tutkimuksessaan malarian historiasta Italiassa (Sallares 2002:66–68).

Tuberkuloosinkin kohdalla arkeologisten luiden ongelmana on ollut ihmistuberkuloosia aiheuttavan mykobakteerin tarkempi tunnistus (*M. tuberculosis* vai *M. bovis*). Kun tämä ongelma saadaan ratkaistua, voidaan vastata kysymykseen, mistä ihmisen taudinaiheuttaja on peräisin (Zink *et al.* 2002). Tähän asti tutkijat ovat tavallisesti joutuneet tyytymään määritelmään *M. tuberculosis*-kompleksi. Eri-laisia keinoja *M. tuberculosis* ja boviksen erottamiseksi toisistaan on ehdoteltu ja kun *M. bovis*kin genomi äskettäin selvitettiin (Garnier *et al.* 2003), saattaa ratkaisu tulla nopeastikin.

Pääasiassa luissa (erityisesti selkä-rangassa) ja muumioissa havaittavien muutosten perusteella on päätelty, että tuberkuloosi oli muinaisessa Egyptissä ja Nubiassa yleinen tauti (Strouhal 1991; 1995; 1999). Tuberkuloosikompleksiin kuuluvan DNA:n tunnistaminen varsin laajojen luuaineistojen tutkimuksessa on vahvistanut tämän tulkinnan tuberkuloosin yleisyydestä faaraoiden Egyptissä (Zinkeet *et al.* 2001).

Ruton historia on jatkuvasti ollut vilkkaan keskustelun kohteena (NewScientist 13, Heikura 2003). Ruton aiheuttajan *Yersinia pestis* -bakteerin DNA:ta väitetään löytyneen mustan surman ja myöhempien ruttoepidemioiden aikana kuolleiden hampaiden ytimistä (Drancourt *et al.* 1998, Raoult *et al.* 2000, Drancourt & Raoult 2002). Tätä löydöstä on tarjottu lopullisena vahvistuksena sille tulkinnalle, että mustassa surmassa oli kyse Y.

pestiksen aiheuttamasta ruttoepidemiasta.

Mustaan surmaan liittyy eräitä piirteitä, jotka eivät sovi siihen kuvaan, mikä meillä nykyään on rutosta: kuolleisuus oli hyvin suurta (30–50 % väestöstä kuoli), tauti levisi hyvin nopeasti, myös rottien runsas esiintyminen on asetettu kyseenalaiseksi (Twigg 1984; 2003). Todisteita rottien esiintymisestä keskiajalla jopa Pohjoismaissa ja Suomessa on kuitenkin hyvää vauhtia kasaantumassa (Bergquist 1957; Wigh 2001: 125–126; Tourunen 2001:40; Kylänen 2001:20–23, 26, 36–37). Mustan surman nopea leviäminen Euroopassa ja väestön suuri kuolleisuus siihen saattavat hyvinkin selittyä sillä, että taudin aiheutti nykyisestä poikkeava *Y. pestis* -bakteerin muoto.

Nykyisten *Y. pestis* -bakteerien tutkiminen on osoittanut, että kyseinen bakteeri on varsin äskettäin (noin 1500–20000 vuotta sitten) kehittynyt nykyistä *Y. pseudotuberculosis* -bakteeria muistuttavasta bakteerista (Achtman *et al.* 1999). Oletus, että ihmiskunnalle tuhoisat ruttoepidemit käynnisti *Y. pestis* -bakteerissa tapahtunut muutos, ei tunnu mahdottomalta. Tätä oletusta tukee se, että tunnemme *Y. pestis* -bakteerista kolme muunnosta: Antiqua, Medievalis ja Orientalis (Hincliffe ym. 2003). Näiden on ajateltu olleen tuntemiemme ruttopandemioiden aiheuttajia: Antiqua Justinianuksen ruton ja Medievalis mustan surman. Varmemmalla pohjalla olemme siinä, että *Y. pestis* -bakteerin Orientalis-muoto aiheutti 1800-luvulla leviämään lähteneen ruttopandemian.

Arkeologisista luista tehtyihin muinaisten taudinaiheuttajien DNA-tutkimuksiin liittyy monia menetelmällisiä ja tulkinnallisia ongelmia, joita on vaikea ratkaista (Cooper & Poinar 2000; Stead 2000; Zink *et al.* 2002). Tärkein ongelma johtuu DNA:n huonosta säilymisestä kuoleman jälkeen. Korkea lämpötila, UV-valo, alhainen pH ja kostea ympäristö edistävät DNA:n hajoamista. Tämän takia arkeologisista luista voi odottaa löytävänsä vain lyhyitä DNA:n pätkiä tai ei ollenkaan muinaista DNA:ta. Lyhyiden DNA-pätkien tunnistaminen muinaisesta taudinaiheuttajasta peräisin oleviksi, on menetelmäl-

lisesti vaativaa, eikä esimerkiksi nykylääketieteen käyttämiä taudinaiheuttajien DNA:n tunnistamiseen perustuvia menetelmiä voida suoraan soveltaa.

Toinen ongelma, jota ei kuitenkaan pidetä läheskään yhtä hankalana kuin DNA:n hajoamisesta johtuvaa, on arkeologisten näytteiden saastuminen modernien taudinaiheuttajien DNA:lla. Tämä ongelma on ratkaistavissa sillä, että noudatetaan huolellisesti näytteiden käsittelyohjeita ja erityisesti sillä, että keskitetään muinaisten taudinaiheuttajien DNA:n tutkiminen vain tätä työtä tekeviin laboratorioihin.

## Kuvantamismenetelmät

Arkeologisten luiden tutkimuksessa on käytetty tavallista röntgenkuvausta jo noin sadan vuoden ajan. Kuvantamismenetelmien nopea kehittyminen viime vuosikymmeninä on tuonut kuitenkin uusia mahdollisuuksia myös arkeologisten luiden ja mumioiden tutkimiseen. Nämä menetelmät (mm. tietokonetomografia ja magneettikuvaus) ovat erityisen arvokkaita tilanteissa, joissa esimerkiksi muumiota halutaan vahingoittaa mahdollisimman vähän.

Kuvantamismenetelmien käytöstä on hyvä esimerkki Alpeilta löytyneen yli 5000 vuotta vanhan ”Ötzin” tutkiminen. Koska kyseessä on tiettävästi maailman vanhin näin hyvin säilynyt muumioitunut vainaja, pyritään Ötziä suojelemaan vaurioilta. Tietokonetomografian avulla voitiin osoittaa, että Ötzi kuoli todennäköisesti vasemman olkapäähän alhaalta takaa ammutun nuolen aiheuttaman vamman seurauksena (Gostner & Vigl 2002). Johtopäätöstä Ötzin väkivaltaisesta lopusta tukee lisäksi se, että Ötzin oikeassa kädessä todettiin haava, jonka hän oli todennäköisesti saanut tikarista pari päivää ennen kuolemaansa (Nerlich *et al.* 2003).

## Lopuksi

Woodin työtovereineen vuonna 1992 hahmottelema ”osteologinen paradoksi” on edelleen ratkaisematon ja voi olla, että uudet menetelmät eivät tuo tähän paradoksiin ratkaisua. Kun tarpeeksi tarkkaan tutkitaan, niin arkeologisista luista löytyy jotain tavanomaisesta poikkeavaa. Mutta onko kyseessä muutos, jolla oli merkitystä kyseisen ihmisen terveydelle hänen eläessään, on jo aivan toinen asia. Vielä ongelmallisempaa on tulkita sitä, mitä havaitut muutokset kertovat muinaisen väestön terveydentilasta.

Kovin uskottavalta ei tunnu esimerkiksi sen kaltainen yleistys, että taudinaiheuttajien DNA-tunnistus ratkaisee tulevaisuudessa osteologisen paradoksin ja kysymyksen, kuinka löytää tauti, vaikkei luissa olekaan havaittavissa muutoksia (Zink *et al.* 2002, Wright & Yoder; 2003). On syytä muistaa, että lääketiede kamppailee jatkuvasti sen kysymyksen kanssa, että erilaisilla tutkimusmenetelmillä löydetään ihmisistä kaikenlaisia poikkeavuuksia, mutta ihmiset kokevat olevansa täysin terveitä ja toisaalta ihmiset kokevat olevansa sairaita, mutta mitään muutoksia ei todeta erilaisilla luonnontieteellisillä tutkimusmenetelmillä.

Tautien historian kannalta arvokkain arkeologinen aineisto Suomessa on Pohjois-Pohjanmaalla kirkkojen lattioiden alta löytyvät muumioituneet vainajat (Paavola 1998). Voisi olettaa, että näistä vainajista löytyisi tunnistettavissa olevaa taudinaiheuttajien DNA:ta (muumioituminen tapahtunut kylmässä ja kuivassa).

Kiinnostavaa voisi olla esimerkiksi tuberkuloosin tutkiminen. Muumiot voitaisiin niitä vahingoittamatta tutkia esimerkiksi tietokonetomografian tai magneettikuvauksen avulla. Todetuista todennäköisistä tuberkuloosin aiheuttamista kudostenmuutoksista (luissa, keuhkoissa tai muualla) voitaisiin sitten ottaa näytteet taudinaiheuttajien DNA:n tutkimiseksi mahdollisimman vähän vainajia vahingoittaen.

Tällainen tutkimushanke vaatii runsaasti erityisosaamista ja laitteita ja on siten

luonnollisesti erittäin kallis. Lisäksi on otettava huomioon se, että 1600–1700-luvuille kohdistuva tutkimus on suunniteltava eettisesti kestäväällä tavalla, koska ainakin osa vainajista on tunnistettavissa ja heidän jälkeläisiään elää vielä. Tällainen tutkimus avaisi loistavat mahdollisuudet yhdistää kirjalliset lähteet ja nykyaikaiset luonnontieteelliset menetelmät tautien historian tutkimisessa.

## Kirjallisuus

- Achtman M, Zurth K, Morelli G, Torrea G, Guiyoule A, and Carniel E. 1999. *Yersinia pestis*, the cause of plague, is a recently emerged clone of *Yersinia pseudotuberculosis*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 1999: 96: 14043–14048.
- Arriaza BT, Salo W, Aufderheide AC and Holcomb TA. 1995. Pre-Columbian tuberculosis in Northern Chile: molecular and skeletal evidence. *American Journal of Physical Anthropology* 1995: 98: 37–45
- Bergquist H. 1957. Skeletal finds of black rat from the early Middle Ages. *Archaeology of Lund* 1, 1957: 98–103.
- Cooper A & Poinar HN. 200. Ancient DNA: Do It Right or Not at All. *Science* 2000: 289: 1139.
- Drancourt M, Aboudharam G, Signoli M, Dutour O, and Raoult D. 1998. Detection of 400-year-old *Yersinia pestis* DNA in human dental pulp: An approach to the diagnosis of ancient septicemia. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1998: 95: 12637–12640.
- Drancourt M & Raoult D. 2002. Molecular insights into the history of plague. *Microbes and Infection* 2002: 4: 105–109.
- Garnier T, Eiglmeier K, Camus J-C, Medina N, Mansoor H, Pryor M, Duthoy S, Grondin S, Lacroix C, Monsempe C, Simon S, Harris B, Atkin R, Doggett J, Mayes R, Keating L, Wheeler PR, Parkhill J, Barrell BG, Cole ST, Gordon SV, and Hewinson RG. 2003. The complete genome sequence of *Mycobacterium bovis*. *PNAS* 2003: 100: 7877–7882.
- Gostner P & Vigl E. 2002. Insight: report of radiological-forensic findings on the Iceman. *Journal of Archaeological Science* 2002: 29: 323–326.
- Heikura P. 2003. Musta surma. *Tieteessä tapahtuu* 2003: 21: n:o 8: 36–46.
- Hincliffe S, Isherwood K, Stabler R, Prentice M, Rakin A, Nichols R, Oyston P, Hinds J, Titball R, and Wren B. 2003. Application of DNA microarrays to study the evolutionary genomics of *Yersinia pestis* and *Yersinia pseudotuberculosis*. *Genome Research* 2003: 13: 2018–2029.
- Kylänen I. 2001. *Riista- ja seuralaiseläinten luulöydöt Turun ympäristössä keskiajalta uudelle ajalle*. Pro gradu –tutkielma. Turun yliopisto Biologian laitos, Ekologian osasto, elokuu 2001.
- Nerlich A, Bachmeier B, Zink A, Thalhammer S, Egarter-Vigl E. 2003. Ötzi had a wound on his right hand. *The Lancet* 2003: 362: 334. *NewScientist* 13, September 2003. Case reopens on Black Death cause.
- Paavola K. 1998. *Kepeät mullat. Kirjallisiin ja esineellisiin lähteisiin perustuva tutkimus Pohjois-Pohjanmaan rannikon kirkkohaudoista*. Väitöskirja. Acta Universitatis Ouluensis B Humaniora 28, Oulu 1998
- Raoult D, Aboudharam G, Grubézy E, Larrouy G, Ludes B, and Drancourt M. 2000. Molecular identification by “suicide PCR” of *Yersinia pestis* as the agent of Medieval Black Death. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2000: 97: 12800–12803.
- Sallares R. Malaria and Rome. 2002. A History of Malaria in Ancient Italy. *Oxford University Press*, Oxford 2002.
- Stead WB. 2000. What’s in a Name? Confusion of *M. tuberculosis* and *M. bovis* in Ancient DNA Analysis. *Paleopathology Newsletter* 2000: 110: 13–16.
- Strouhal E. 1991. Vertebral tuberculosis in ancient Egypt and Nubia. Kirjassa Ortner DJ & Aufderheide AC (toim.). *Human Paleopathology*. Current Syntheses and Future Options. Smithsonian Institution Press, Washington ja Lontoo 1991: 181–194
- Strouhal E. 1995. Survey on the Anthropological Collection of the Finnish Nubia Expedition. Hippokrates, *Suomen Lääketieteen Historian Seuran vuosikirja* 1995: 12: 9–27
- Strouhal E. 1999. Ancient Egypt and tuberculosis. Kirjassa Pálfi G, Dutour O, Deák J ja Hutás I (toim.). Tuberculosis. Past and Present.

- Tuberculosis Foundation, *Golden Book Publisher* 1999: 453–460
- Tourunen A. 2002. *Karjanhoito keskiajan Turussa. Arkeo-osteologinen analyysi Åbo Akademien tontin eläinluuaineistosta*. Pro gradu –tutkielma. Turun yliopisto, Arkeologia, maaliskuu 2002.
- Twigg G. 1984. *The Black Death: a Biological Reappraisal*. Batsford Academic and Educational, Lontoo 1984
- Twigg G. 2003. The Black Death and DNA. *The Lancet Infectious Diseases* 2003: 3: 11.
- Vuorinen HS. 1997. Luuaineistot ja tautien historia - paleoepidemiologiaa. Kirjassa Vuorinen HS ja Vala U (toim.). *Vanhojen luiden kertomaa*. Yliopistopaino, Helsinki 1997: 74–85.
- Vuorinen HS. 2002. *Tautien historia*. Vastapaino, Tampere 2002.
- Vuorinen HS. 2003. Ihmisten luut muinaisten väestöjen terveyden kuvaajina. Kirjassa Seppänen L (toim.). *Kaupunkia pintaa syvemältä. Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*. TS-yhtymä, Suomen keskiajan arkeologinen seura, Turku 2003: 359–370.
- Wigh B. 2001. *Animal Husbandry in the Viking Age Town of Birka and its Hinterland*. Birka Studies, Volume 7, Stockholm 2001.
- Wood JW, Milner GR, Harpending HC and Weiss KM. 1992. The osteological paradox. Problems of inferring prehistoric health from skeletal samples. *Current Anthropology* 1992: 33: 343–370
- Wright LE. & Yoder CJ. 2003. Recent progress in bioarchaeology: approaches to the osteological paradox. *Journal of Archaeological Research* 2003: 11: 43–70.
- Zink A, Haas CJ, Reischl U, Szeimies U and Nerlich AG. 2001. Molecular analysis of skeletal tuberculosis in an ancient Egyptian population. *J. Med. Microbiol.* 2001: 50: 355–366.
- Zink A, Reischl U, Wolf H, Nerlich A. 2002. Molecular analysis of ancient microbial infections. *FEMS Microbiology Letters* 2002: 213: 141–147.