



Koronaepidemian mallintaminen epidemian alkuvaiheessa – mallien historia

Päivitetty 7.5.2020

THL Koronamallinnusryhmä

Ennustemallien kaksi osaa

Tartunnan leviäminen

- Epidemian kesto ja tartuntojen määrä (epidemian koko)
- Epidemian kulun ennustaminen
- Epidemian leviämiseen vaikuttaminen
- Lähtökohtana arvio viruksen tartuttavuusluvusta

Tautitaakka

- Tartuntaan liittyvä sairastumisen riski
- Ennusteet
 - Sairaalahoidon tarpeesta
 - Tehohoidon tarpeesta
 - Kuolemantapauksista
- Arviot sairastumisen ja kuoleman riskeistä perustuivat epidemian alkuvaiheessa muilta alueilta opittuun, sillä Suomessa ei vielä voimakasta omaa epidemiaa

Lisäksi tässä esityksessä: koronaepidemian muuta tutkimusta

Suomen tautitaakan mallintamisen vaiheet/1

Aika (noin)	Epidemian vertailukohta/aineisto	Malli	Kommentti
2/2020	Hubein alueen (59 milj. väestö) epidemia	Ei tartuntamallia Hubein epidemian mukaiset ikäryhmäkohtaiset sairas- ja kuolintapausten ilmaantuvuudet; ennusteet vakioitu Suomen väestöön ja ikäjakaumaan	Suomessa Hubeita suhteellisesti enemmän sairastumisia ja kuolemia vanhusten suuremman osuuden vuoksi. Riskit (per tartunta) arvioitiin aluksi kausi-influenssan suuruusluokkaan. Hubei ei kuitenkaan liene oikea vertailukohta.
8-15/3/2020	Lähes kaikkia Hubein sairastapaukset, mutta Wuhanin väestö (11milj)	a) Ei tartuntamallia; ennusteet vakioitu Suomen väestöön ja ikäjakaumaan b) Homogeenisella SEIR-tartuntamallilla ($R_0=2.2$) arvioitiin tartunta \rightarrow tauti-todennäköisyydet Wuhanin epidemiasta. Ennustettiin Suomen viikkokohtaisten tartuntojen ja tauti-/kuolemantapausten määrä sekä ilman rajaamistoimia että eri rajaamistoimien alaisilla R_0 :n arvoilla.	Lähes kaikkien Hubein tapausten laskeminen Wuhanin osalle nosti arvioita selvästi (~5-6x) samalla kompensoiden Kiinassa toteutettujen rajaamistoimien vaikutusta. Ennuste: ilman rajaamistoimia Suomessa vajaa 3000 kuolemaa (vertailun vuoksi, samalla laskelmalla ennuste Italiaan oli yli 30 000).
15-20/3/2020	Hubei+Wuhan per Wuhan	Kuten b) edellä, mutta Suomen POLYMOD – aineistoon perustuvaa ikäluokkakohtaista kontaktirakennetta käytettiin pohjana mallinnettaessa Wuhanin epidemia (sairauden ilmaantuvuuden ja kuolevuuden arviointi) ja ennustettaessa Suomen epidemiaa (ennusteet)	Arviot samaa suuruusluokkaa kuin edellä; mahdollisuus arvioida ikäryhmäkohtaisten kontaktien rajaamistoimien vaikutusta

Suomen tautitaakan mallintamisen vaiheet/2

Aika	Epidemian vertailukohta/aineisto	Malli	Kommentti
~22/3/2020	Hubei+Wuhan per Wuhan	Kuten edellä, mutta $R_0=2.4$ ja Wuhanin epidemia mallinnettiin kiinalaisella kontaktirakenteella. Lisäksi otettiin huomioon Wuhanin epidemian rajaamistoimet (23.1.2020 alkaen). Rajaamistoimet otettiin siis huomioon kahdella tavalla – sekä Hubein tapausten laskemisena Wuhanin väestöä kohden että tartuntamallin kautta.	Tämä oli mallin kehitystyön välituote. Luonnollisen epidemian Suomessa aiheuttama tautitaakka kasvoi erittäin paljon aiemmasta. Kiinan rajaamistoimen ”tuplahuomioimisen” lisäksi nousu johtuu siitä, että mallissa käytetyssä kiinalaisessa kontaktirakenteessa vanhusväestöllä oli epärealistisen vähän kontakteja.
~24/3/2020	Hubei+Wuhan per Wuhan, Ranskasta tietoa tehohoidettavien ikäjakaumasta	Kuten edellä, mutta kiinalaista kontaktirakennetta muokattiin uskottavammaksi. Lisäksi kriittisesti sairaiden ikäjakaumaa muutettiin ranskalaisten havaintojen suuntaan. Lisäksi otettiin huomioon tehohoidon rajausta eli se, että hyvin iäkkäissä on niitä, jotka eivät hyödy tehohoidosta.	Arvio kuolleisuudesta ilman rajaamistoimia noin kaksinkertainen 15/3 arvioon nähden. Tehohoidettavien ikäjakauma muuttui aiemmin arvioidusta. Ennusteen mukaan rajaamistoimilla voidaan tautitaakkaa oleellisesti pienentää. Ennusteet tehtiin myös sairaanhoitopiireittäin. Tämä ennuste julkaistiin 25.3.
4/2020	Tehohoidon kesto ja ikäjakauma Euroopassa ja Suomessa, sairaalahoitoon viiveet	Kuten edellä, mutta tehohoidon ikäjakaumaa ja viiveitä tarkasteltiin eri maista julkaistujen raporttien valossa, kestoksi 8→12 vrk	Mallissa käytetty uusi tehohoidon kesto arvioitiin yhdessä tehohoitokonsortion edustajien kanssa.

Suomen tautitaakan mallintamisen vaiheet/3

Aika	Epidemian vertailukohta/aineisto	Malli	Kommentti
4- /2020	Suomen aineisto, kansainvälisten tietojen avulla asetettu laakea priori	Oppiva Bayes-malli. Estimoitavat parametrijakaumat: R0 eri ajanjaksoina, ikäryhmäkohtaisesti taudin vakavuus (sairaalahoitoon joutuvien osuus per tartunta, teholliselle joutuvien osuus per sairaalaan joutunut, kuolema per tartunta). Estimoinnissa käytetty: Ikäryhmäkohtaisesti uudet sairaalajaksot, uudet tehohoitojaksot, ikäryhmäkohtaiset kuolemantapaukset, serologiatulokset THL:n tutkimuksista	Aluksi HUS-alueen tietojen pohjalta. Käytössä kaksi hieman yksityiskohdiltaan toisistaan poikkeavaa mallia. Haasteena yhteneväinen ja ajantasainen aineisto. Epidemian tulevan etenemisen arviointia varten voidaan asettaa erilaisia skenaarioita.

Muuta tutkimusta koronaepidemiasta

- R_0 estimoinnin kysymyksiä
- Rajaamistoimien voimakkuuden ja keston merkitys
- Virustestauksen merkitys epidemian leviämisen kannalta
- Sosiaalisten kontaktien vähentyminen poikkeusolojen aikana

Näiden tutkimusten tuloksia voidaan käyttää epidemian jatkovaiheen analysoimisessa ja ennustamisessa

Epidemian tutkimus/1

Aika	Mitä	Kommentti
20-26/ 2/2020	Hubein tautitapausten ja näiden ikäkohtaisten vakavuusasteiden yhteensovittamista tartunnan leviämismallin kanssa	Hubein tapauslukuja vaikea saada yhteensopiviksi tartuntojen leviämismallin tuottamien tartuntojen kanssa (Hubein tapaukset Wuhanin väestössä sopii paremmin yhteen, vrt 8-15/3/2020 Suomen tautitaakan mallit)
3/2020	R0 estimointia a) tapausmäärien eksponentiaalisen kasvun kertoimesta; b) kuolleiden lukumäärän eksponentiaalisesta kasvusta eri maissa	Tapausmäärät riippuvat harjoitetusta testauspolitiikasta, joten kuolemantapauksiin perustuva arviointi on luotettavampaa. Kuolemien ilmaantuvuudella on sama eksponentiaalisen kasvun kerroin kuin kaikilla tartunnoilla (mukaanlukien raportoimattomat tartunnat)
3/2020	Mikrosimulointia erikokoisiin pysyviin ja vaihtuviin yhteisöihin perustuvalla kontaktimallilla. Yhteisöjen poistamisen vaikutuksen tutkimista tartuntojen leviämiseen.	Mallin yhteisöt eivät perustu kenttäkokeisiin (jollaisia ei annetulla aikataululla ollut mahdollista tehdä), vaan erilaisiin skenaarioihin.
3/2020	Rajaamistoimien voimakkuuksien ja kestojen vaikutus epidemiaan (SEIR -malli). A) Skenaarioita eri suuruisilla ja kestoilla R0:n vähennyksillä, erilaisilla lähtötilanteen R0:illa. B) Rajaamistoimien prosessikontrolli.	a) Rajaamistoimien vaikutukset ovat herkkiä niiden voimakkuudelle (liian heikot → paljon tartuntoja; liian vahvat → epidemia lähinnä siirtyy) b) Menetelmä rajaamisprosessin säätämiseksi ilman tarkkaa ennakkotietoa toimien voimakkuudesta

Epidemian tutkimus/2

Aika	Mitä	Kommentti
1-3/ 4/2020	Primääritartuntojen testaus, eristäminen ja kontaktien jäljittäminen, Lotka-formulaatiolla infektiosukupolvien välisen ajan (taruntaväli, ”generation time”) jakaumasta	1) Strategia toimii vain, mikäli R_0 on rajoitettu muillakin toimin ja strategiaa voidaan ylläpitää pitkään erittäin laadukkaana. Muussa tapauksessa primääritartuntojen kontakteja tulee liikaa, jotta niitä pystyisi riittävän tehokkaasti jäljittämään. 2) Strategia on eräs keino pienentää R_0 :aa, mutta ei lopullinen ratkaisu epidemiaan.
20-27/4	Suomalaisten sosiaalisten kontaktien määrää poikkeusolojen aikana luotaava kyselytutkimus	Tätä tietoa voidaan käyttää arvioimaan, kuinka paljon koronaviruksen tartuttavuusluku on vähentynyt poikkeustilan alkamisen (16.3.) jälkeen. Alustavan tuloksen mukaan suomalaiset vähensivät kontaktejaan keskimäärin neljännekseen poikkeustilaa edeltävään aikaan verrattuna.